



**Finanziato  
dall'Unione europea**  
NextGenerationEU

COMUNE DI GRAGNANO TREBBIENSE  
Servizio Lavori Pubblici,  
Manutenzione Patrimonio e Demanio

PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA  
M4-C1-I3.3: Piano di messa in sicurezza  
e riqualificazione dell'edilizia scolastica

# SCUOLA PRIMARIA \*VIA ROMA,114\* ADEGUAMENTO SISMICO SCUOLA PRIMARIA

CUP: C48E18000280005

## PROGETTO ESECUTIVO



Responsabile del Procedimento  
Arch. Simona Cerutti

Progettista:  
Ing. Marco Girani

Coordinatore Sicurezza in fase di progettazione:  
Geom. Giuseppe Pastorelli

Collegio Geometri  
della Provincia di Piacenza  
n° 1745  
Giuseppe Pastorelli

Approvazione

Validazione

Elaborato:  
INDAGINI STRUTTURALI

n° elaborato

**A 05.rel**

rev	data	oggetto revisione
4	-	-
3	-	-
2	-	-
1	-	-
0	27-12-2022	emissione

# *CONFORMITÀ STATICA DELLE STRUTTURE ORIZZONTALI*

*Scuola Primaria  
Via Roma - Gragnano Trebbiense (PC)*



*Committente:  
Comune di Gragnano Trebbiense  
Via Roma, 169  
29010 Gragnano Trebbiense (PC)*



TECNOINDAGINI S.r.l.  
Tel 02 36527601 fax 02 66304937 – [www.tecnoindagini.it](http://www.tecnoindagini.it)  
con il supporto tecnico di: Ing. Alessandro Bartesaghi

## INDICE

1. PREMESSA	3
2. NORME DI RIFERIMENTO	4
3. ASPETTI TEORICI	5
3.1. VALUTAZIONE CAPACITA' PORTANTE DEI SOLAI	5
3.2. CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI	8
4. INQUADRAMENTO DEI RILIEVI	10
5. METODOLOGIA D'INDAGINE	12
5.1. ANALISI TERMOGRAFICA	12
5.1.1. Caratteristiche del metodo	12
5.1.2. Caratteristiche tecniche delle apparecchiature	12
5.2. ANALISI COSTRUTTIVA	14
5.3. ANALISI ENDOSCOPICA	15
5.3.1. Caratteristiche del metodo	15
5.3.2. Caratteristiche tecniche delle apparecchiature	15
5.4. ANALISI PROFONDITA' DI CARBONATAZIONE	16
5.5. VERIFICA ANALITICA	19
5.6. ANALISI DUREZZA DELLE ARMATURE	20
5.6.1. Caratteristiche tecniche delle apparecchiature	20
6. RISULTATI DEI RILIEVI	21
6.1. Solaio A	22
7. RISULTATI DELLE ANALISI	23
7.1. Solaio A	24
8. CONCLUSIONI	25

## 1. PREMESSA

A seguito dell'incarico conferito dalla Committenza si è proceduto ad eseguire analisi diagnostiche e valutazioni tese alla verifica della conformità statica dei solai dell'edificio che ospita la Scuola Primaria sito in Via Roma a Gragnano Trebbiense.

L'attività di verifica della conformità statica dei solai segue un protocollo di indagine basato su una serie di prove non distruttive e completato con valutazioni analitiche. La consultazione di documentazione tecnica eventualmente fornita dalla Committenza permette di reperire informazioni circa le tipologie costruttive e le specifiche dei materiali impiegati per la realizzazione degli impalcati. La stessa documentazione è di ausilio per l'analisi storica del fabbricato, in particolar modo nel caso di edifici che hanno subito interventi di modifica quali ad esempio ampliamenti, sopraelevazioni, sostituzione o rinforzo dei solai.

Le operazioni da condurre in situ prevedono in prima istanza il rilievo degli elementi orizzontali oggetto delle verifiche, eventualmente coadiuvato dalla documentazione in possesso: individuare la tecnologia costruttiva impiegata e l'ampiezza dei campi in relazione allo schema statico adottato, risalire alle caratteristiche dimensionali degli elementi portanti e definire la stratigrafia del pacchetto di finitura. Il rilievo è basato su una campagna di indagini che consente eventualmente di confermare le proprietà meccaniche dei materiali impiegati, desunte dalla consultazione della documentazione fornita.

La verifica della conformità statica dei solai prevede la valutazione della loro capacità portante: questa può avvenire mediante esecuzione di prove dirette, prove di carico statiche, o tramite verifica analitica. Le prime permettono di determinare la risposta dei solai sottoponendoli all'azione diretta di un sovraccarico definito a partire dal carico di esercizio stabilito da normativa. La verifica analitica consente invece la determinazione di un coefficiente di sicurezza oltre al valore del carico di esercizio massimo applicabile.

## 2. NORME DI RIFERIMENTO

Il metodo di analisi proposto è basato sulle indicazioni tecniche e normative vigenti, in particolare modo alle NTC2018 § 8, che definisce i criteri generali per la valutazione della sicurezza e per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo degli interventi sulle costruzioni esistenti.

I riferimenti inseriti nel testo fanno capo ai seguenti documenti:

**NTC 2018:** Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018: *“Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni”*, pubblicato in Gazzetta Ufficiale n. 42 del 20 febbraio 2018 - Suppl. Ordinario n. 8.

**CSLP 7:** Circolare del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici n. 7 del 21 gennaio 2019: *“Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni” di cui al DM 17 gennaio 2018*, pubblicata in Gazzetta Ufficiale n. 35 dell'11 febbraio 2019 - Suppl. Ordinario n. 5.

**DM 18-12-1975:** Decreto Ministeriale 18 dicembre 1975: *“Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica”*, pubblicato in Gazzetta Ufficiale n. 29 del 02 febbraio 1976.

### 3. ASPETTI TEORICI

#### 3.1. VALUTAZIONE CAPACITA' PORTANTE DEI SOLAI

Per poter determinare la capacità portante di un solaio e valutare contestualmente la sua idoneità in riferimento alle condizioni di carico previste, possono essere eseguite prove dirette, prove di carico statiche, o si può procedere con prove indirette basate su un approccio analitico.

Cat.	Ambienti	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$Q_k$ [kN]	$H_k$ [kN/m]
A	<b>Ambienti ad uso residenziale</b>			
	Aree per attività domestiche e residenziali; sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi (ad esclusione delle aree soggette ad affollamento), camere di degenza di ospedali	2,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi, ballatoi	4,00	4,00	2,00
B	<b>Uffici</b>			
	Cat. B1 Uffici non aperti al pubblico	2,00	2,00	1,00
	Cat. B2 Uffici aperti al pubblico	3,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	4,00	4,00	2,00
C	<b>Ambienti suscettibili di affollamento</b>			
	Cat. C1 Aree con tavoli, quali scuole, caffè, ristoranti, sale per banchetti, lettura e ricevimento	3,00	3,00	1,00
	Cat. C2 Aree con posti a sedere fissi, quali chiese, teatri, cinema, sale per conferenze e attesa, aule universitarie e aule magne	4,00	4,00	2,00
	Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli al movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, aree d'accesso a uffici, ad alberghi e ospedali, ad atri di stazioni ferroviarie	5,00	5,00	3,00
	Cat. C4. Aree con possibile svolgimento di attività fisiche, quali sale da ballo, palestre, palcoscenici.	5,00	5,00	3,00
	Cat. C5. Aree suscettibili di grandi affollamenti, quali edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune, gradinate e piattaforme ferroviarie.	5,00	5,00	3,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	Secondo categoria d'uso servita, con le seguenti limitazioni		
		≥ 4,00	≥ 4,00	≥ 2,00
D	<b>Ambienti ad uso commerciale</b>			
	Cat. D1 Negozi	4,00	4,00	2,00
	Cat. D2 Centri commerciali, mercati, grandi magazzini	5,00	5,00	2,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	Secondo categoria d'uso servita		
E	<b>Aree per immagazzinamento e uso commerciale ed uso industriale</b>			
	Cat. E1 Aree per accumulo di merci e relative aree d'accesso, quali biblioteche, archivi, magazzini, depositi, laboratori manifatturieri	≥ 6,00	7,00	1,00*
	Cat. E2 Ambienti ad uso industriale	da valutarsi caso per caso		
F-G	<b>Rimesse e aree per traffico di veicoli (esclusi i ponti)</b>			
	Cat. F Rimesse, aree per traffico, parcheggio e sosta di veicoli leggeri (peso a pieno carico fino a 30 kN)	2,50	2 x 10,00	1,00**
	Cat. G Aree per traffico e parcheggio di veicoli medi (peso a pieno carico compreso fra 30 kN e 160 kN), quali rampe d'accesso, zone di carico e scarico merci.	da valutarsi caso per caso e comunque non minori di		
		5,00	2 x 50,00	1,00**
H-I-K	<b>Coperture</b>			
	Cat. H Coperture accessibili per sola manutenzione e riparazione	0,50	1,20	1,00
	Cat. I Coperture praticabili di ambienti di categoria d'uso compresa fra A e D	secondo categorie di appartenenza		
	Cat. K Coperture per usi speciali, quali impianti, eliporti.	da valutarsi caso per caso		

\* non comprende le azioni orizzontali eventualmente esercitate dai materiali immagazzinati.

\*\* per i soli parapetti o partizioni nelle zone pedonali. Le azioni sulle barriere esercitate dagli automezzi dovranno essere valutate caso per caso.

Tabella 1 – Valori dei sovraccarichi per le diverse categorie d'uso delle costruzioni

Nel caso delle prove di carico statiche, il solaio viene sottoposto all'azione esercitata direttamente da un sovraccarico, il cui valore è definito a partire da quello previsto dalle NTC2018 § 3.1.4. a seconda della categoria d'uso che assolve il contesto in cui è inserito (Tabella 1), secondo una combinazione di carico rara.

Con la verifica analitica viene invece stimato un coefficiente di sicurezza, definito come rapporto tra l'azione resistente riferita alla sezione del solaio e la corrispettiva grandezza agente allo SLU. L'analisi è completata dalle valutazioni allo SLE, che constano di un confronto tra la deformabilità dell'elemento ed i valori limite da normativa NTC2018 § 4.2.4.2.2. (Tabella 2), e dalla determinazione del carico di esercizio massimo applicabile.

Il valore totale dello spostamento ortogonale all'asse dell'elemento (Fig. 4.2.3) è definito come  

$$\delta_{tot} = \delta_1 + \delta_2 \quad [4.2.60]$$

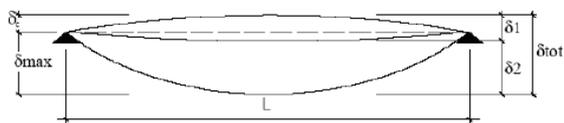


Fig. 4.2.3 - Definizione degli spostamenti verticali per le verifiche in esercizio

essendo:

$\delta_c$  la monta iniziale della trave,

$\delta_1$  lo spostamento elastico dovuto ai carichi permanenti,

$\delta_2$  lo spostamento elastico dovuto ai carichi variabili,

$\delta_{max}$  lo spostamento nello stato finale, depurato della monta iniziale =  $\delta_{tot} - \delta_c$ .

Figura 1 - Definizione degli spostamenti verticali per le verifiche in esercizio

Elementi strutturali	Limiti superiori per gli spostamenti verticali	
	$\frac{\delta_{max}}{L}$	$\frac{\delta_2}{L}$
Coperture in generale	$\frac{1}{200}$	$\frac{1}{250}$
Coperture praticabili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai in generale	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai o coperture che reggono intonaco o altro materiale di finitura fragile o tramezzi non flessibili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{350}$
Solai che supportano colonne	$\frac{1}{400}$	$\frac{1}{500}$
Nei casi in cui lo spostamento può compromettere l'aspetto dell'edificio	$\frac{1}{250}$	

*In caso di specifiche esigenze tecniche e/o funzionali tali limiti devono essere opportunamente ridotti.*

Tabella 2 – Limiti di deformabilità per gli elementi di impalcato delle costruzioni ordinarie

Alla base della verifica vi è la necessità di condurre il rilievo della sezione dell'elemento orizzontale, sia per quanto concerne la parte strutturale sia relativamente agli strati di finitura che staticamente costituiscono un carico portato.

Lo stesso rilievo è impostato su una campagna di indagini diagnostiche che prevede l'esecuzione di prove non distruttive, e che consente eventualmente di confermare le proprietà meccaniche dei materiali impiegati desunte dalla consultazione della documentazione fornita. Per la definizione della sollecitazione agente, nota l'incidenza del solaio, deve essere scelta una condizione di vincolo agli appoggi che aderisca il più possibile alla realtà.

### 3.2. CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI

Al fine di poter valutare analiticamente la capacità portante e determinare la freccia teorica dei solai negli edifici esistenti, è necessario produrre una stima delle caratteristiche meccaniche dei materiali impiegati per la definizione delle sezioni resistenti degli stessi elementi orizzontali. L'attività pratica si basa sulle indicazioni riportate nelle NTC2018 §8.5., che riportano:

*“Per conseguire un’adeguata conoscenza delle caratteristiche dei materiali e del loro degrado, ci si baserà sulla documentazione già disponibile, su verifiche visive in situ e su indagini sperimentali. Le indagini dovranno essere motivate, per tipo e quantità, dal loro effettivo uso nelle verifiche; nel caso di costruzioni sottoposte a tutela, ai sensi del D.Lgs. 42/2004, di beni di interesse storico-artistico o storico-documentale o inseriti in aggregati storici e nel recupero di centri storici o di insediamenti storici, dovrà esserne considerato l’impatto in termini di conservazione. I valori di progetto delle resistenze meccaniche dei materiali verranno valutati sulla base delle indagini e delle prove effettuate sulla struttura, tenendo motivatamente conto dell’entità delle dispersioni, prescindendo dalle classi discretizzate previste nelle norme per le nuove costruzioni.*

*Sulla base degli approfondimenti effettuati nelle fasi conoscitive sopra riportate, saranno individuati i livelli di conoscenza dei diversi parametri coinvolti nel modello e definiti i correlati fattori di confidenza, da utilizzare nelle verifiche di sicurezza”.*

In relazione alle tecnologie costruttive rilevabili a livello degli impalcati e per le quali si potrà procedere con la verifica analitica, si ritiene aderente alla normativa vigente considerare i livelli di confidenza definiti per manufatti in calcestruzzo armato o acciaio, e riportati nella CSLP 7§8.5.4.2 (Tabella 3).

Livello di conoscenza	Geometrie (carpenterie)	Dettagli strutturali	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC (*)
LC1	Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione; in alternativa rilievo completo ex-novo	Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca e <i>indagini limitate</i> in situ	Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca e <i>prove limitate</i> in situ	Analisi lineare statica o dinamica	1,35
LC2		Elaborati progettuali incompleti con <i>indagini limitate</i> in situ; in alternativa <i>indagini estese</i> in situ	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali, con <i>prove limitate</i> in situ; in alternativa da <i>prove estese</i> in situ	Tutti	1,20
LC3		Elaborati progettuali completi con <i>indagini limitate</i> in situ; in alternativa <i>indagini esaustive</i> in situ	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto, con <i>prove estese</i> in situ; in alternativa da <i>prove esaustive</i> in situ	Tutti	1,00

(\*) A meno delle ulteriori precisazioni già fornite nel § C8.5.4.

Tabella 3 – Livelli di conoscenza in funzione dell'informazione disponibile e conseguenti metodi di analisi ammessi e valori dei fattori di confidenza, per edifici in calcestruzzo armato o acciaio.

L'eventuale accesso a documentazione che permetta di risalire alla datazione dell'intervento di costruzione del fabbricato o che fornisca informazioni relative alla conformazione degli elementi orizzontali ed ai materiali impiegati per la loro realizzazione, così come la possibilità di risalire ad eventuali interventi condotti sugli stessi elementi in un'epoca successiva a quella di edificazione (quali ad esempio il rinforzo o la sostituzione dei solai), permettono di accrescere il livello di conoscenza.

Le indagini in situ, che constano di rilievi al vero delle sezioni resistenti oltre alla valutazione qualitativa della stratigrafia del pacchetto di finitura, sono completate con prove sperimentali che permettono di confermare le caratteristiche meccaniche eventualmente desunte dalla consultazione di documentazione tecnica. Qualora questa non fosse reperibile o comunque non riportasse le informazioni necessarie, ci si baserà sulle informazioni desunte dalla consultazione dall'archivio digitale STIL, a partire dall'anno a cui risale il manufatto o comunque il solaio oggetto di valutazione. Il software fornisce un contributo alla conoscenza delle caratteristiche degli acciai da cemento armato impiegati in Italia nell'intervallo temporale 1950-2000. Esso si basa su un database di 19.140 prove di trazione su barre di acciaio effettuate e registrate presso il Laboratorio Sperimentale del Dipartimento di Ingegneria Strutturale della Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi di Napoli Federico II.

Per le tipologie costruttive che realizzano gli impalcati oggetto delle verifiche, le indagini in situ e le valutazioni operate in fase di analisi, permettono di ottenere una limitata conoscenza sia a livello del rilievo di geometria e dettagli strutturali, sia in riferimento alla caratterizzazione meccanica dei materiali. È pertanto possibile considerare il raggiungimento di un livello di conoscenza LCI che determina la possibilità di condurre le verifiche di sicurezza adottando un fattore di confidenza FC pari a 1,35; quest'ultimo ha lo scopo di diminuire le resistenze dei materiali considerate nella verifica.

## 4. INQUADRAMENTO DEI RILIEVI

L'edificio oggetto delle verifiche ospita gli spazi dedicati alle attività didattiche dell'Scuola Primaria, in relazione agli impieghi a cui destinati i vari ambienti, è possibile distinguere le categorie riassunte in Tabella 4, a cui è associato un corrispondente sovraccarico d'uso.

Nel caso dei solai di copertura e di quelli collocati a livello del sottotetto, laddove in quest'ultimo non siano ubicati spazi e locali la cui destinazione d'uso contempli la fruizione da parte dell'utenza, verranno eseguite unicamente analisi visive tese alla ricerca di degradi e/o dissesti in quanto gli stessi elementi orizzontali sono sottoposti ad un carico di esercizio diverso da quello riferibile alle attività svolte nell'edificio.

Categoria	Descrizione	Sovraccarico d'uso
		$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]
C1	Aree con tavoli, quali scuole, caffè, ristoranti, sale per banchetti, lettura e ricevimento	3,00

Tabella 4 – Categorie d'uso dei solai individuate nell'edificio

Negli schemi planimetrici riportati a seguire sono distinte con colorazioni differenti le diverse tipologie costruttive individuate durante il corso delle indagini, riassunte in Tabella 5, anche in relazione al sovraccarico d'uso. I solai contraddistinti da una colorazione grigia assolvono funzione di copertura e non sono pertanto sottoposti a verifiche analitiche.

Nome elemento	Descrizione	Categoria	Sovraccarico d'uso	Analisi eseguita
			$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	
<b>Solaio A</b>	Solaio in laterocemento con travetti ad armatura lenta	C1	3,00	Verifica analitica

Tabella 5 – Tipologie di solaio individuate nell'edificio

Negli stessi schemi vengono indicati i punti in cui condotta l'analisi costruttiva, le posizioni laddove eseguite le prove di carico sono contrassegnate con una retinatura di colore rosso, le eventuali zone escluse dalle indagini sono rappresentate mediante una tramatura incrociata di colore grigio mentre le aree bordate con una linea rossa sono caratterizzate dalla presenza di un controsoffitto pesante.

LEGENDA  
■ SOLAIO SENZA SOVRACCARICO  
↔ ORDITURA



Disegno n°1 - Tipologie di solaio che realizzano l'impalcato di copertura del piano primo.

LEGENDA  
■ SOLAIO A  
■ C.A.  
■ SOLAIO SENZA SOVRACCARICO  
■ CONTROSOFFITTO PESANTE  
↔ ORDITURA  
● RILIEVO



Disegno n°2 - Tipologie di solaio che realizzano l'impalcato di copertura del piano terra.

## 5. METODOLOGIA D'INDAGINE

### 5.1. ANALISI TERMOGRAFICA

Al fine di poter individuare le differenti tipologie costruttive impiegate per la realizzazione degli impalcati del fabbricato, viene condotta una analisi visiva preliminare degli intradossi degli orizzontamenti che si basa sullo sfruttamento della tecnica di osservazione ad infrarossi. Questa analisi consente di operare una prima distinzione delle tipologie di solaio, principalmente in relazione alla tramatura osservata, ovvero alla scansione definita dell'orditura portante in relazione alla distanza e alla larghezza dei travetti. Ulteriori elementi che possono offrire riscontri per l'individuazione delle tipologie costruttive sono, ad esempio, la presenza di elementi rompitratta trasversali o il grado di nitidezza dei bordi dei travetti. Ciò può avvenire grazie alla sensibilità di misurazione dello strumento, che dà la possibilità di distinguere con colorazioni differenti, zone che ammettono temperature superficiali diverse.

#### 5.1.1. Caratteristiche del metodo

L'analisi termografica consente la rappresentazione dell'andamento della temperatura sulle superfici, basandosi sulla lettura delle radiazioni emesse nella banda dell'infrarosso da corpi sottoposti a sollecitazione termica. L'energia radiante è funzione della temperatura superficiale dei materiali, a sua volta condizionata dalla conducibilità termica e dal calore specifico, che esprimono in termini quantitativi l'attitudine del materiale stesso a trasmettere il calore. Per effetto dei differenti valori di questi parametri, specifici per ciascun materiale, i diversi componenti di un manufatto assumeranno differenti temperature sotto l'azione di sollecitazioni termiche. Tale caratteristica è sfruttata dalla termografia per visualizzare, con appositi sistemi, i differenti comportamenti termici dei materiali. Pertanto, la radiazione rilevata dalla termocamera non dipende unicamente dalla temperatura superficiale del manufatto inquadrato, ma è strettamente influenzata dalla sua emissività, ovvero dalla quantità di radiazione termica emessa, comparata con quella emessa dal perfetto corpo nero. L'emissività della maggior parte dei materiali da costruzione ha valori compresi tra 0,85 e 0,90. Le immagini visibili con la termocamera ad infrarossi sono elaborate in modo tale da poter minimizzare l'interferenza dei fattori climatici: risulta particolarmente importante impostare e bilanciare correttamente la temperatura ambiente.

#### 5.1.2. Caratteristiche tecniche delle apparecchiature

- Campo di misura della temperatura da  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $+120\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Frequenza di immagine: 30 Hz
- Sensibilità termica (NETD)  $50\text{ mK @ }+30\text{ }^{\circ}\text{C}$

- Risoluzione spaziale a 45°: 1,23 mRad
- Tipo di sensore: Focal Plane Array (FPA), microbolometro non raffreddato 640x480 pixels, vanadium oxide
- Campo spettrale da 7,8 a 14  $\mu\text{m}$

## 5.2. ANALISI COSTRUTTIVA

L'analisi termografica preliminare rende possibile distinguere le varie tipologie costruttive che realizzano gli impalcati ed allo stesso tempo consente di impostare la successiva fase di verifica, ovvero individuando le posizioni laddove procedere con demolizioni localizzate che permettano il rilievo delle caratteristiche geometriche e materiche dei solai. Tale procedura dà la possibilità di estendere i riscontri ottenuti ai vari orizzontamenti che ammettono la medesima tramatura dell'intradosso e sono interessati dallo stesso sovraccarico d'uso, limitando i punti di rilievo.

All'occorrenza, i rilievi sono stati completati con misurazioni indirette sfruttando meccanismi di trasmissione delle onde riflesse, tra una sonda emettente ed una ricevente. Tale metodologia, per nulla invasiva, ammette un errore di tolleranza di circa  $\pm 5\%$ , dovuto alle interferenze esterne ed interne alla struttura. Considerata la tipologia di elementi da rilevare, tale tolleranza appare del tutto accettabile; alcune quote riportate nelle schematizzazioni grafiche contenute nella presente relazione possono indicare, per tale motivo, un range della grandezza.

### 5.3. ANALISI ENDOSCOPICA

A completamento dell'analisi costruttiva, per ciascuna tipologia di solaio individuata si esegue un'ispezione endoscopica tesa alla valutazione qualitativa della stratigrafia del pacchetto di finitura, ovvero che permetta la stima dell'incidenza della parte non strutturale degli elementi orizzontali. Le osservazioni condotte mediante ausilio dell'endoscopio elettronico, danno infatti la possibilità di analizzare la consistenza dei materiali impiegati e rilevarne contestualmente lo spessore.

#### 5.3.1. Caratteristiche del metodo

Il metodo presenta caratteristiche vantaggiose che ne consentono l'utilizzo in qualsiasi situazione con la certezza dei risultati:

- Velocità di ispezione
- Precisione e dettaglio visivo
- Rapidità di acquisizione
- Possibilità di registrazioni di immagini e video

#### 5.3.2. Caratteristiche tecniche delle apparecchiature

- Diametro esterno 5,8 mm
- Luce bianca a LED regolabile
- Regolazione della messa a fuoco
- Memoria esterna da 2.0 Gb
- Direzione di visione panoramica su 360°
- Terminale specchiato per visioni laterali

## 5.4. ANALISI PROFONDITA' DI CARBONATAZIONE

Per i solai con orditure portanti in calcestruzzo armato, al fine di valutare la durabilità dei materiali costituenti la sezione resistente, viene eseguita l'analisi della profondità di carbonatazione. Questo fenomeno rappresenta una delle principali cause di innesco del processo di corrosione delle armature: il calcestruzzo carbonatato perde le proprietà passivanti protettive per l'acciaio, che a contatto con gli agenti aggressivi presenti nell'aria è esposto all'innesco della corrosione.

Il procedimento inserito nella norma UNI EN 14630 inerente alla "*Corrosione e protezione dell'armatura del calcestruzzo. Determinazione della profondità di carbonatazione e del profilo di penetrazione degli ioni cloruro nel calcestruzzo*" prevede di determinare le caratteristiche sullo stato di conservazione delle armature mediante il prelievo e l'analisi di campioni di calcestruzzo.

Il prelievo dei campioni può essere effettuato secondo tre differenti metodologie:

- tramite carotaggio, conforme alla norma UNI 6131:2002, di profondità e dimensione stabilita in funzione dello scopo dell'indagine;
- tramite prelievo di frammenti di calcestruzzo, nel caso di copriferri già visibilmente danneggiati o distaccati dall'armatura;
- tramite prelievo di polveri per mezzo di un trapano a percussione.

La misura della *profondità di carbonatazione* viene svolta utilizzando una soluzione di fenolftaleina all'1% in alcol etilico, che vira al rosa se a contatto con materiali il cui pH è maggiore di  $8,3 \div 10$  e rimane incolore per valori di pH inferiori.

Il calcestruzzo che riveste le armature, in genere caratterizzato da un pH compreso tra  $13 \div 13,80$ , ha delle caratteristiche protettive nei confronti dell'acciaio che si ricopre di un film di ossido di pochi nanometri di spessore. L'alcalinità del calcestruzzo si riduce progressivamente al contatto con l'anidride carbonica presente nell'atmosfera, per cui il pH si riduce a valori inferiori a 9. In queste nuove condizioni il film di ossido viene distrutto e si annullano le condizioni di passività delle armature.

L'aggressione procede fino a ridurre considerevolmente la sezione resistente delle armature, la cui collaborazione con il calcestruzzo risulta per di più limitata dal decadimento dell'aderenza. I prodotti della corrosione, inoltre, occupano un volume maggiore rispetto allo strato metallico aggredito. L'aumento di volume all'interfaccia acciaio-calcestruzzo viene a generare elevate tensioni puntuali di trazione nel calcestruzzo che ne provocano la fessurazione.

La penetrazione della carbonatazione dipende, oltre che dalle caratteristiche intrinseche del getto di calcestruzzo (tipo di cemento, rapporto a/c, porosità, messa in opera, compattazione, stagionatura, fessurazione, copriferro) anche dalle condizioni ambientali (umidità, temperatura, concentrazione

CO<sub>2</sub> nell'aria, esposizione). In particolare la presenza di temperature superiori a 15° ÷ 20°C e umidità relative dell'aria intorno al 60% costituiscono condizioni tali da permettere il verificarsi delle reazioni ma da impedire l'intasamento da parte dell'acqua liquida dei pori del calcestruzzo, fatto che ostacolerebbe il trasporto della anidride carbonica in fase gassosa.

La presenza di alternanza di condizioni di bagnato e asciutto, come quelle provocate dalla presenza di infiltrazioni, riduce leggermente i tempi di avanzamento del fronte di carbonatazione ma costituisce le condizioni migliori per la corrosione delle armature. Le differenze di esposizione costituiscono le principali variabili nell'avanzamento della propagazione della carbonatazione a parità di caratteristiche intrinseche dell'edificio. La Norma UNI EN 206, infatti, suddivide i livelli delle condizioni di aggressività ambientale definendo 4 livelli XC per la corrosione da Carbonatazione. Dove il calcestruzzo armato è esposto all'aria e all'umidità, l'esposizione viene classificata come segue:

- XC1 - Secco o saturo
- XC2 - Umido, raramente secco
- XC3 - Moderatamente umido
- XC4 - Cicli di bagnamento e asciugamento

L'analisi della profondità di carbonatazione viene condotta mediante applicazione della soluzione di fenolftaleina sui travetti, nelle posizioni laddove condotta l'analisi costruttiva. Questa metodologia consente di suddividere in tre fasi l'evoluzione del degrado del calcestruzzo. Nelle schematizzazioni di seguito si riporta il diagramma di propagazione della carbonatazione e la corrispondente immagine dell'avanzamento all'interno dell'elemento in calcestruzzo con il corrispondente colore caratteristico.

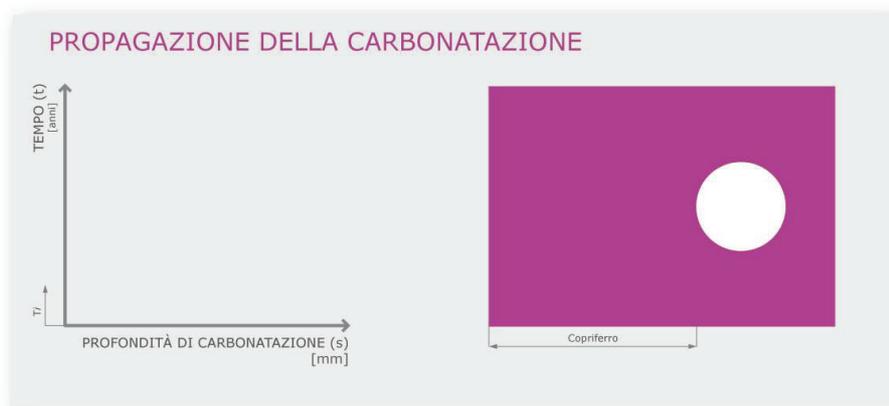


Figura 1 – Calcestruzzo non interessato dalla carbonatazione

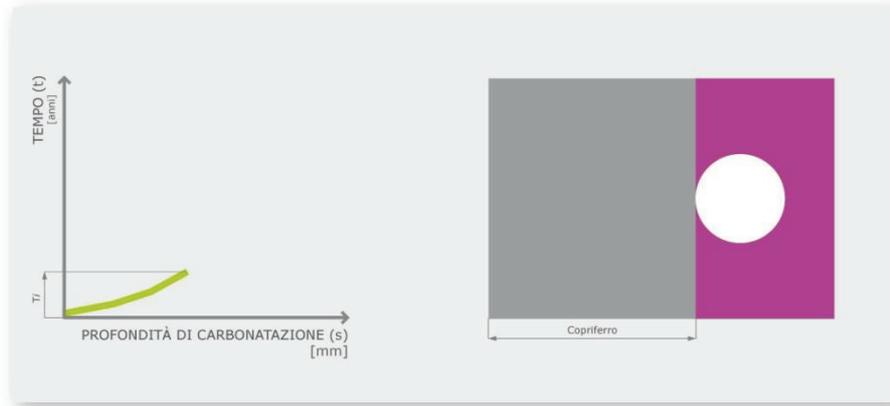


Figura 2 – Calcestruzzo carbonatato per una profondità minore o uguale allo spessore del copri ferro

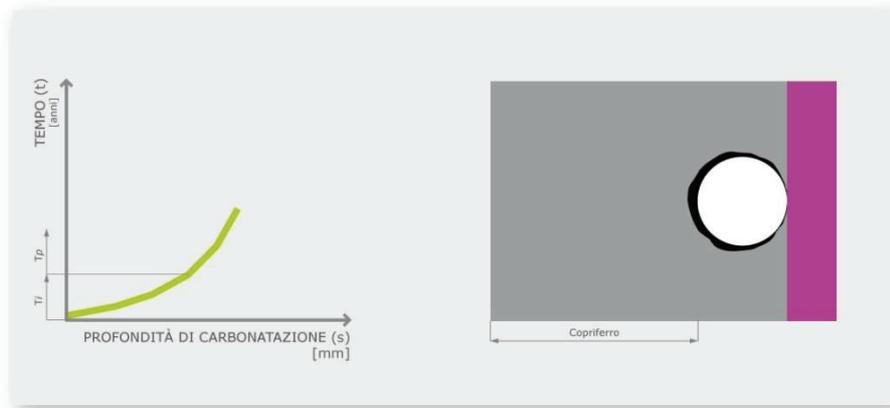


Figura 3 – Calcestruzzo carbonatato per una profondità superiore allo spessore del copri ferro

## 5.5. VERIFICA ANALITICA

Laddove non si proceda all'esecuzione di una prova di carico statica, la verifica analitica permette la determinazione di un coefficiente di sicurezza oltre al valore del carico di esercizio massimo applicabile ad un solaio. La stessa verifica si basa sul rilievo completo della sezione trasversale del solaio, sia per quanto riguarda la porzione strutturale che per quanto concerne gli strati che costituiscono la parte superiore e non ammettono capacità portante: ciò consente di determinare il carico permanente per unità di superficie dell'elemento orizzontale. A questo vengono poi sommati la quota parte riferita ai tramezzi, valutandone l'incidenza, ed il carico di esercizio in relazione alla categoria d'uso, i cui valori sono riportati in Tabella 1.

Il valore così ottenuto permette di determinare l'entità delle sollecitazioni agenti allo stato limite ultimo, calcolate in relazione al grado di vincolo presente in corrispondenza della connessione tra l'orditura portante del solaio e la corrispettiva struttura di supporto, scegliendo la configurazione statica più adeguata che in alcuni casi sarà meglio schematizzata da una trave su più appoggi mentre in altri da una trave semplicemente appoggiata alle estremità. Ad esempio al primo schema statico possono essere ricondotti i solai in laterocemento mentre al secondo quelle tipologie costruttive che prevedono orditure metalliche o lignee, data la loro non continuità con la struttura di supporto.

Il coefficiente di sicurezza sarà quindi calcolato come rapporto tra l'azione resistente riferita alla sezione rilevata e la corrispettiva grandezza agente allo SLU. Il carico di esercizio massimo applicabile sarà quindi pari a quel valore che permette di ottenere un coefficiente di sicurezza unitario.

In parallelo alle verifiche allo stato limite ultimo vengono condotte le verifiche allo stato limite di esercizio che constano in un confronto con valori di deformabilità limite; per quanto concerne i solai laterocementizi, i valori di calcolo sono definiti in base ad un coefficiente che permette di considerare la sezione come parzialmente reagente in relazione ad uno stato di fessurazione del calcestruzzo lungo il lembo teso. Relativamente ai solai in carpenteria metallica, la verifica della deformabilità della sezione deve soddisfare due parametri ( $\delta_{max}$  e  $\delta_2$ ), riportati in Tabella 2. Anche per quanto concerne i solai con orditure lignee deve essere verificata la deformabilità secondo due differenti parametri, riferiti il primo ad una deformazione istantanea ( $u_{2,ist}$ ) ed il secondo ad una deformazione a lungo termine ( $u_{net,fin}$ ).

Al fine di poter ricoprire la più ampia casistica di ciascuna tipologia costruttiva rilevata, la verifica verrà condotta nelle posizioni laddove le lunghezze delle campate assumono valore massimo.

## 5.6. ANALISI DUREZZA DELLE ARMATURE

La prova durometrica in sito permette di stimare la resistenza a trazione delle barre d'armatura, senza prelevarne un campione su cui eseguire prove di laboratorio. La prova durometrica non può sostituire il prelievo di campioni di barre d'armatura/profili d'acciaio, ma permette di estendere la stima della resistenza a trazione, eseguita su un campione, ad un maggior numero di elementi. L'attrezzatura utilizzata è costituita da un durometro digitale a rimbalzo. La prova di durezza viene eseguita in modo conforme agli standard ASTM A956, DIN 50156.

Il principio di misura è il seguente: un dardo con una punta a elevata durezza viene scagliato da una molla sul campione, causando una deformazione plastica alla superficie che si traduce in una perdita di energia cinetica. Questa perdita di energia è quantificata misurando la differenza di velocità del dardo prima e dopo l'impatto con la superficie del campione ad una data distanza dalla superficie. Il magnete permanente incluso nel dardo genera una tensione indotta passando attraverso la bobina della sonda.

La tensione del segnale così ottenuta sarà direttamente proporzionale alla velocità del dardo attraverso la bobina.

L'elettronica dello strumento elabora il segnale fornendo la lettura della durezza. Lo strumento fornisce una misura diretta della durezza del campione (espressa in scala Leeb); il risultato può essere convertito nelle altre più comuni scale di durezza (HRC, HRB, HB, HV, HSD ecc.).

Per l'esecuzione della prova di durezza viene rimosso il copriferro in corrispondenza della barra d'armatura da campionare, per una porzione adeguata alla corretta preparazione del campione stesso; sulla porzione di barra scoperta viene creata una superficie piatta e a bassa rugosità su cui verrà eseguita la prova.

### 5.6.1. Caratteristiche tecniche delle apparecchiature

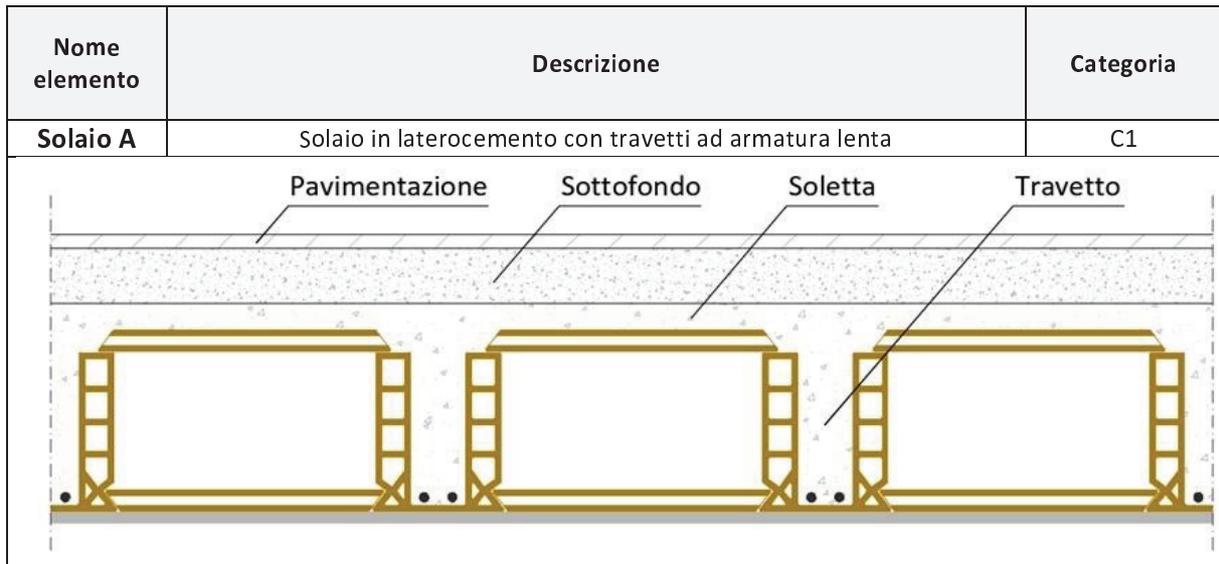
- Energia d'impatto: 11 Nm
- Punta sferica: Carburo di tungsteno,  $\varnothing 3$  mm
- Portata di misura: 150-950 HL
- Precisione:  $\pm 4$  HL (0,5% a 800 HL)
- Display: LCD ad alto contrasto.
- Temperatura di funzionamento: da  $-10$  °C a  $+60$  °C

## 6. RISULTATI DEI RILIEVI

Per ciascuna delle tipologie di solaio che realizzano gli impalcati del fabbricato, contraddistinte con colorazioni differenti negli schemi planimetrici al capitolo 4, sono riassunti in una scheda i risultati ottenuti dai rilievi condotti, di cui si restituisce una documentazione fotografica.

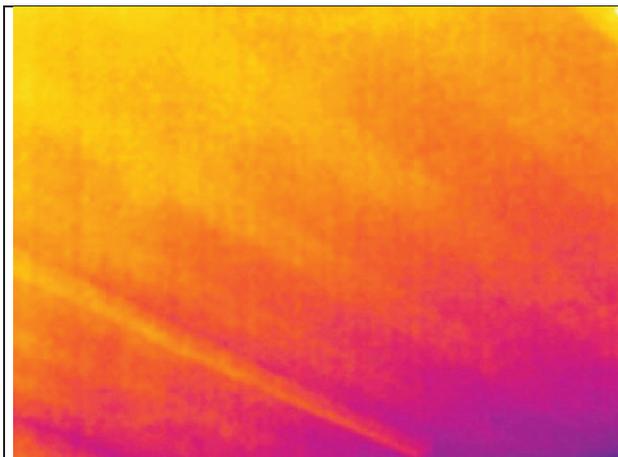
Le grandezze riportate fanno riferimento a sezioni rilevate in prossimità della mezzeria della campata.

## 6.1. Solaio A



Orditura	Unidirezionale	Spessore pavimentazione	2	cm
Luce solaio	8,15 m	Spessore sezione resistente	45	cm
Interasse travetto	70 cm	Armatura travetto	2 $\phi$ 20	
Larghezza travetto	12 cm	Spessore copriferro	4,00	cm
Altezza travetto	43 cm	Carbonatazione	●	
Spessore soletta	2 cm	Rapporto snellezza	1/18	
Spessore sottofondo	4 cm	Presenza rompitratta	SI	

Calcestruzzo			Acciaio in barre		
Classe	C16/20		Tipo	Barre lisce	
$f_{ck}$	16	N/mm <sup>2</sup>	$f_{yk}$	340	N/mm <sup>2</sup>
$f_{cd}$	7,90	N/mm <sup>2</sup>	$f_{yd}$	219	N/mm <sup>2</sup>



Analisi all'infrarosso in cui osservabile la scansione dell'orditura portante del solaio



Demolizione puntuale dell'intradosso del solaio, disposta al fine di consentire il rilievo della conformazione costruttiva

L'analisi della durabilità del calcestruzzo ha dato modo di constatare che il processo di carbonatazione è attivo e raggiunge la profondità delle armature.

## 7. RISULTATI DELLE ANALISI

Per ciascun solaio che realizza gli impalcati del fabbricato, nelle tabelle a seguire si riportano l'analisi dei carichi ed i risultati ottenuti.

Nei casi in cui si sia proceduto con un approccio analitico, sono riportati l'indice di sicurezza con le grandezze che lo definiscono, i parametri per la verifica della deformazione oltre al valore del sovraccarico massimo applicabile.

Laddove si sono invece eseguite prove di carico statiche sono riassunti i valori dell'abbassamento massimo, dell'abbassamento residuo e del parametro che consente la verifica della linearità; nell'allegato alla presente relazione sono descritte nel dettaglio le prove eseguite ed i risultati ottenuti sono rappresentati sotto forma di grafici e tabelle per una miglior comprensione.

## 7.1. Solaio A

Nome elemento	Descrizione	Categoria	Analisi eseguita
<b>Solaio A</b>	Solaio in laterocemento con travetti ad armatura lenta	C1	Verifica analitica
Peso parte strutturale ( $g_1$ )	2,65 kN/m <sup>2</sup>	Momento sollecitante $M_{Ed}$	47,80 kNm
Peso parte non strutturale ( $g_2$ )	2,40 kN/m <sup>2</sup>	Momento resistente $M_{Rd}$	54,71 kNm
Sovraccarico d'uso ( $q_k$ )	3,00 kN/m <sup>2</sup>	Verifica deformazione $\delta_{MAX}$	12,41 mm < 32,60 mm
Luce solaio	8,15 m	Carico massimo applicabile	4,00 kN/m <sup>2</sup>
Schema statico considerato	Semincastro		
Indice di sicurezza	1,07		
I risultati dell'analisi permettono di considerare il solaio adeguatamente organizzato in relazione alle condizioni di carico a cui è sottoposto.			

## 8. CONCLUSIONI

A seguito dell'incarico conferito dalla Committenza si è proceduto ad eseguire analisi diagnostiche e valutazioni tese alla verifica della conformità statica dei solai dell'edificio che ospita la Scuola Primaria sito in Via Roma a Gragnano Trebbiense.

I risultati emersi dalle analisi condotte sui solai che realizzano gli impalcati del fabbricato, consentono di esprimere valutazioni riguardo all'idoneità degli stessi elementi orizzontali, in relazione alle condizioni di carico previste dalle NTC2018.

L'esito delle analisi è sintetizzato in Tabella 6; per i solai sottoposti a prova di carico statica sono indicati l'abbassamento massimo ed il parametro che consente la verifica della linearità (nell'allegato "Prove di carico dei solai" sono riepilogate le misurazioni registrate e riassunte sotto forma di grafici e tabelle), mentre per quanto concerne i solai valutati analiticamente si riportano l'indice di sicurezza determinato allo SLU e i risultati delle verifiche di deformazione allo SLE.

Al fine di permettere una loro classificazione, gli stessi esiti sono accompagnati da una simbologia grafica che sarà di colore verde qualora il solaio sia risultato idoneo, e rossa invece nel caso in cui l'elemento orizzontale sia non idoneo.

Nome elemento	Analisi eseguita	Risultati delle analisi	Esito
Solaio A	Verifica analitica	Indice di sicurezza 1,07	●
		Verifica deformazione $\delta_{MAX}$ 12,41 mm	

Tabella 6 – Riepilogo dei risultati delle analisi eseguite

Per quanto concerne i solai di copertura e quelli collocati a livello del sottotetto, sottoposti ad un carico di esercizio diverso da quello riferibile alle attività svolte nell'edificio, sono state condotte osservazioni e rilievi al fine di individuare situazioni di degrado che riguardano le sezioni resistenti. Nel caso particolare dei solai di sottotetto che non ammettono funzione portante, è possibile assumere che la conformità statica sia subordinata unicamente alla loro conservazione; si ricorda inoltre che la tipologia costruttiva impiegata risulta essere particolarmente esposta a fenomeni di natura sismica.

I rilievi e le analisi eseguite, coadiuvate dalle indagini diagnostiche, permettono di esprimere un giudizio circa la conformità statica dei solai che realizzano le strutture orizzontali del fabbricato, in relazione alle condizioni di carico a cui sottoposte ed al grado di conservazione che manifestano allo stato attuale. È evidente che una riduzione delle proprietà meccaniche dei materiali che costituiscono le sezioni resistenti, dovuta alla nuova formazione o alla perdurazione di fenomeni di degrado,

determini contestualmente una diminuzione della capacità portante dei solai. Allo stesso tempo, il verificarsi di fenomeni eccezionali sia interni all'edificio, quali ad esempio incendi, allagamenti o esplosioni, che esterni, come eventi sismici o cedimenti in fondazione, richiederanno l'esecuzione di una nuova campagna di rilievi tesa all'accertamento delle capacità statiche residue della struttura.

Tutto ciò premesso,

Il sottoscritto tecnico incaricato, Ing. Marco Gallotta, sotto la propria responsabilità dichiara di essere iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Milano a partire dalla data del 12 marzo 2003 con iscrizione al n. A23113.

### CERTIFICA

che i solai contrassegnati con una colorazione verde in Tabella 6 possono considerarsi idonei all'uso attuale indicato nella Tabella 5, in relazione sia al carico d'uso previsto dalle NTC2018 sia alle condizioni di conservazione rilevate alla data del sopralluogo.

Gragnano Trebbiense, 02 novembre 2021

Ing. Marco Gallotta

Tecnoindagini S.r.l.



**TECNOINDAGINI SRL**  
Via Monte Sabotino n° 14  
20095 Cusano M. (MI)  
P.IVA 06383520960

*LIBRETTO SANITARIO  
SULLO SFONDELLAMENTO DEI SOLAI*

*Scuola Primaria  
Via Roma - Gragnano Trebbiense*



*Committente:  
Comune di Gragnano Trebbiense  
Via Roma, 169  
29010 Gragnano Trebbiense (PC)*



TECNOINDAGINI S.r.l.  
Tel 02 36527601 fax 02 66304937 – [www.tecnoindagini.it](http://www.tecnoindagini.it)  
con il supporto tecnico di: Ing. Alessandro Bartesaghi

## INDICE

1. PREMESSA	3
2. DESCRIZIONE DELL'EDIFICIO	5
3. ANALISI TERMOGRAFICA	6
3.1. Caratteristiche del metodo	6
3.2. Caratteristiche tecniche delle apparecchiature	6
3.3. Indicazioni ricavate	7
4. ANALISI COSTRUTTIVA	11
4.1. IDENTIFICAZIONE DEI SOLAI	11
4.1.1. Tipologia Solaio A	12
4.1.2. Tipologia Solaio B	14
4.1.3. Tipologia Solaio C	16
4.1.4. Tipologia Solaio D	18
4.2 IDENTIFICAZIONE DEI CONTROSOFFITTI	20
5. ANALISI SFONDELLAMENTO	21
5.1. DIAGNOSI CON BATTITURA MANUALE	21
5.2. DIAGNOSI MEDIANTE SONISPECT®	21
5.2.1. Caratteristiche del metodo	21
5.2.2. Caratteristiche tecniche delle apparecchiature	24
6. RISULTATI DELLE ANALISI	25
6.1. TERMOGRAFIA	25
6.2. INTONACO	26
6.3. SFONDELLAMENTO	28
6.4. CONTROSOFFITTI ED ELEMENTI APPESI	29
7. CONCLUSIONI	30
ALLEGATO - ELABORATI GRAFICI	

## 1. PREMESSA

A seguito dell'incarico conferito dalla Committenza si è proceduto ad una analisi diagnostica per individuare le condizioni all'intradosso dei solai dell'edificio che ospita la Scuola Primaria sito in Via Roma a Gragnano Trebbiense.

La presente relazione è finalizzata alla diagnosi dello stato di conservazione dell'intradosso dei solai mediante valutazione del grado di aderenza dello strato di finitura al plafone e ricerca del fenomeno dello sfondellamento; non include pertanto la stima delle caratteristiche di stabilità strutturali dei solai.

L'analisi diagnostica di prevenzione segue un protocollo di indagine ed è necessario, in una prima fase, acquisire le informazioni utili ad impostare la fase operativa di monitoraggio. In particolare è fondamentale:

- risalire e/o rilevare le planimetrie del fabbricato in modo da compiere una ricostruzione dell'edificio e determinare l'eventuale presenza di ampliamenti o modifiche occorse al manufatto originario;
- conoscere le destinazioni d'uso, originali ed attuali dei locali, per poter risalire alle storie di carico dei diversi solai.

Queste operazioni risultano fondamentali al fine di riconoscere quale tipologia di struttura si andrà ad analizzare; successivamente si procede con le osservazioni in sito.

L'analisi preliminare condotta con l'ausilio della termocamera ad infrarossi può fornire importanti informazioni sullo stato di conservazione dell'intradosso dei solai; demolizioni localizzate permettono di definirne la tipologia costruttiva adottata e di rilevare le geometrie degli elementi impiegati. Questa seconda fase è indispensabile all'attività di indagine, infatti solo un solaio con sistema di alleggerimento in laterizio può essere soggetto al fenomeno dello sfondellamento.

In un primo momento l'analisi degli intradossi avviene mediante battitura manuale dei plafoni: tale procedura consente la ricerca e la valutazione sia dello sfondellamento che di degradi della coesione della finitura. Laddove osservata la presenza di zone ammalorate si procede, ove necessario, ad una diagnosi approfondita mediante Sonispect®.

L'elaborazione dei termogrammi registrati durante il sopralluogo ed il confronto con i risultati ottenuti dalla battitura dei plafoni, consentono infine di stilare una corretta diagnosi dello stato di conservazione degli intradossi. L'indagine così completata, è riassunta nelle mappature allegata alla presente relazione che indicano il grado di avanzamento dei fenomeni di degrado innescati nei vari punti.

In parallelo alle analisi condotte sugli intradossi dei solai vengono eseguite verifiche sia sui sistemi di controsoffittatura che sulle apparecchiature vincolate agli stessi controsoffitti o direttamente ai

solai; lo scopo è quello di rilevare eventuali fenomeni di degrado in atto o la presenza di vulnerabilità relative alle tecniche costruttive impiegate, che potrebbero causare la perdita di funzionalità e/o di resistenza dei dispositivi di sospensione. Le analisi, condotte mediante osservazione, sono pertanto rivolte al rilievo del sistema di fissaggio dei controsoffitti e delle apparecchiature appese, in modo tale da poter valutare la qualità, la frequenza, la regolarità e le modalità adottate per l'esecuzione dei fissaggi, al fine di poter fornire un giudizio in relazione al carico supportato, oltreché alla definizione univoca dei carichi agenti ed il corrispondente sovraccarico di prova.

L'esito delle prove oltre ad eventuali anomalie riscontrate, sono indicate nelle planimetrie che completano la relazione con nomenclatura "Vulnerabilità controsoffitti ed elementi appesi".

Nel caso di controsoffitto ispezionabile, prima dell'esecuzione delle prove viene rimosso un numero sufficiente di elementi in modo tale da consentire l'accesso all'intercapedine formata con il solaio sovrastante, mentre in caso di controsoffitto continuo e non ispezionabile, ove ritenuto necessario, vengono eseguiti fori per l'ispezione dell'intercapedine, così da permettere l'individuazione delle caratteristiche costruttive adottate per la realizzazione del sistema di pendinaggio e la relativa metodologia di fissaggio, oltre a consentire la scelta dei punti di prova.

## 2. DESCRIZIONE DELL'EDIFICIO

Dalla documentazione raccolta non si è potuto risalire con precisione alla data di costruzione dell'edificio oggetto del monitoraggio, tuttavia è possibile affermare che lo stesso non sia di recente realizzazione.

Il manufatto ammette un impianto planimetrico avente sagoma di forma irregolare, dovuto all'accostamento di più corpi di fabbrica la cui datazione è molto probabilmente differente, principalmente in relazione alle tipologie costruttive impiegate per la loro edificazione, ed è disposto complessivamente su due livelli, entrambi fuori terra.

L'organizzazione degli spazi interni prevede i vari locali disposti lungo corridoi di distribuzione mentre i collegamenti verticali sono assicurati da un vano scala.

Complessivamente l'indagine ha coperto una superficie di circa 2.400 mq.

All'interno dell'edificio è stata riscontrata la presenza di sistemi di controsoffittatura che possono essere classificati come non ispezionabili e che riducono l'altezza interna degli ambienti in cui installati. Nelle planimetrie allegate con nomenclatura "Tipologia Controsoffitti", le differenti tipologie riscontrate sono individuate mediante apposite retinature colorate.

La presenza di sistemi di controsoffittatura continui o scarsamente ispezionabili ha di fatto impedito l'esecuzione della verifica del plafone sovrastante. Nelle mappature allegate, in questi casi viene pertanto adottata una retinatura colorata ad indicare unicamente la tipologia di controsoffitto; le stesse aree sono quindi da considerarsi escluse dal monitoraggio.

Alcuni dei locali dell'edificio sono risultati inaccessibili durante il sopralluogo e pertanto esclusi dalle indagini. Gli stessi sono indicati nelle planimetrie allegate mediante una campitura di colore giallo.

### 3. ANALISI TERMOGRAFICA

Prima di effettuare le indagini atte alla valutazione dello stato dei solai viene compiuta un'osservazione generale dei soffitti utilizzando una termocamera ad infrarossi che consente di individuare anomalie nella formazione dei solai. Ciò può avvenire grazie alla sensibilità di misurazione che permette di localizzare le zone in cui sono presenti delle differenze di temperatura.

#### 3.1. Caratteristiche del metodo

Lo scopo principale della termografia consiste nell'individuazione di errori e difetti nelle strutture dei solai e nella determinazione della loro natura ed estensione. Generalmente viene utilizzata per studiare le variazioni di temperatura sulle superfici di una struttura. Le variazioni nella resistenza termica possono, in determinate condizioni, determinare variazioni di temperatura sulla superficie. La termocamera permette di misurare e rappresentare la radiazione infrarossa emessa da un oggetto. La radiazione, quale funzione della temperatura della superficie di un oggetto, emessa dallo strumento permette di calcolare e visualizzare tale temperatura. La radiazione rilevata dalla termocamera non dipende solo dalla temperatura dell'oggetto, ma è anche una funzione dell'emissività.

L'emissività è una misura che si riferisce alla quantità di radiazione termica emessa dall'oggetto, comparata a quella emessa dal perfetto corpo nero. L'emissività della maggior parte dei materiali da costruzione ha valori compresi tra 0,85 e 0,90.

Le immagini termiche visibili con la termocamera ad infrarossi sono realizzate in modo da minimizzare il più possibile l'interferenza di fattori climatici esterni; di conseguenza risulta particolarmente importante impostare e bilanciare correttamente la temperatura ambiente.

#### 3.2. Caratteristiche tecniche delle apparecchiature

- Campo di misura della temperatura da  $-20\text{ °C}$  a  $+120\text{ °C}$
- Frequenza di immagine: 30 Hz
- Sensibilità termica (NETD mK)  $50\text{ mK @ }+30\text{ °C}$
- Risoluzione spaziale a  $45^\circ$ :  $1,23\text{ mRad}$
- Tipo di sensore: Focal Plane Array (FPA), microbolometro non raffreddato  $640 \times 480$  pixels, vanadium oxide.
- Campo spettrale da  $7,8$  a  $14\text{ }\mu\text{m}$

### 3.3. Indicazioni ricavate

L'osservazione dei plafoni compiuta con l'ausilio della termocamera ad infrarossi, ha permesso di individuare lo scheletro strutturale e l'orditura dei solai. Tali informazioni consentono di determinare le posizioni in cui procedere successivamente con l'analisi costruttiva, al fine di consentire il rilievo della geometria degli elementi costituenti le tipologie di solaio individuate, ed ottimizzare il numero di demolizioni da eseguire.

La documentazione fotografica riportata di seguito sintetizza le informazioni rilevate durante il sopralluogo e permette la distinzione delle principali situazioni riscontrate, confrontando i termogrammi all'infrarosso con le corrispondenti immagini nel visibile.

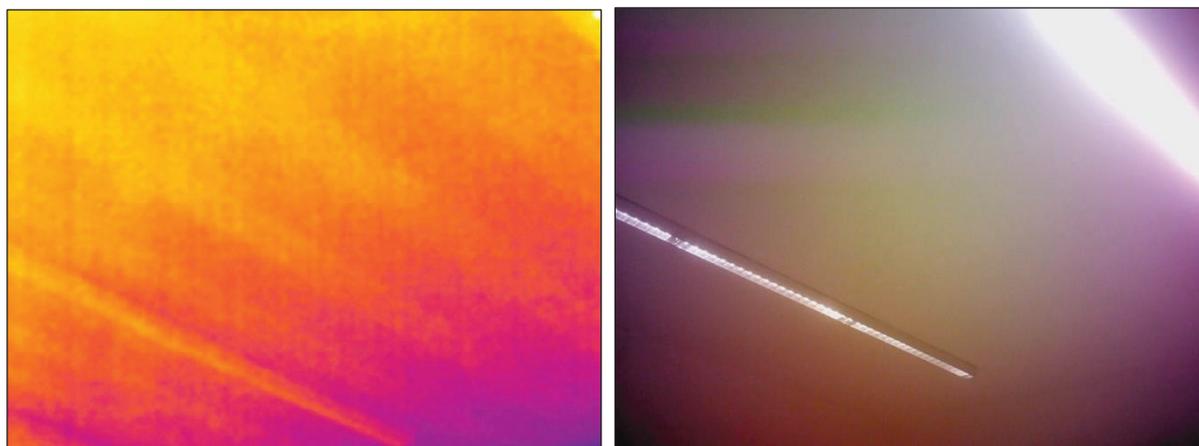


Foto n°1-2 - Individuazione della tramatura caratteristica dell'intradosso dell'Aula 6 al piano terra in cui è possibile riscontrare una scansione di travetti risultata costante ed uniforme sull'intera superficie dei plafoni.

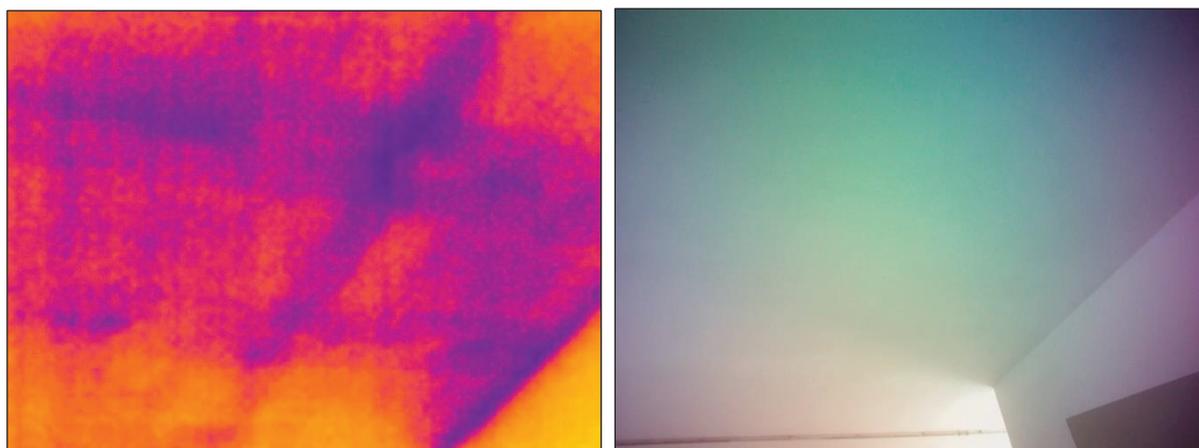


Foto n°3-4 - Trasversalmente alla direzione dell'orditura portante sono stati ravvisati elementi rompitratta che suddividono le campate in parti omogenee. Immagini registrate nel Disimpegno al primo piano.

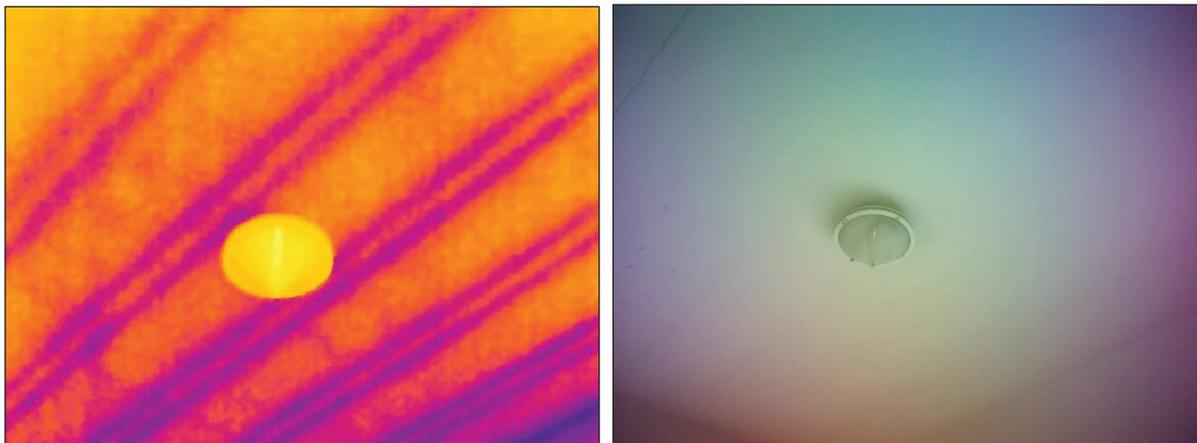


Foto n°5-6 - Il termogramma registrato nell'Atrio 1 al piano terra dà la possibilità di riscontrare una seconda tipologia costruttiva nella quale l'elemento portante è formato da due travetti affiancati.

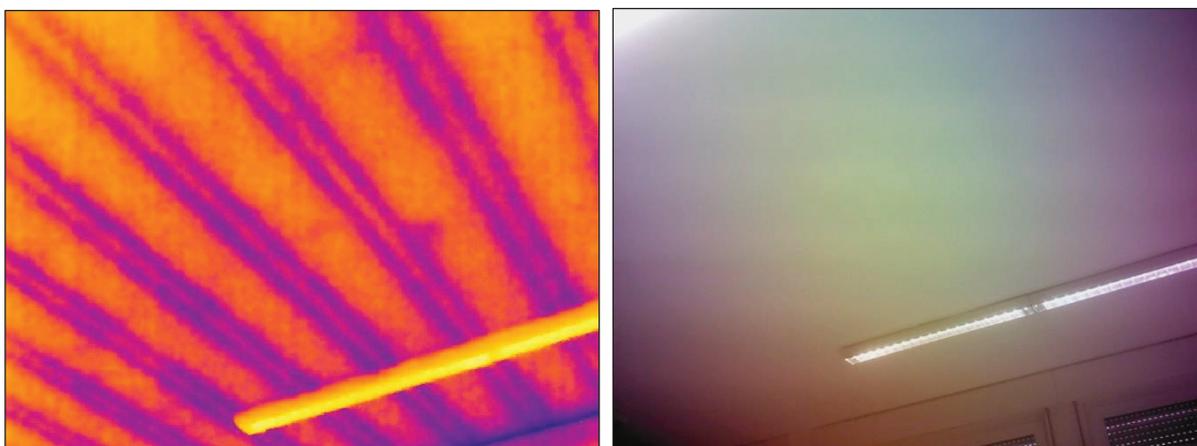


Foto n°7-8 - Termogramma registrato nell'Aula 5 al piano terra. La scarsa linearità con cui vengono visualizzati i contorni degli elementi portanti, e riferibile all'impiego di travetti gettati in opera.

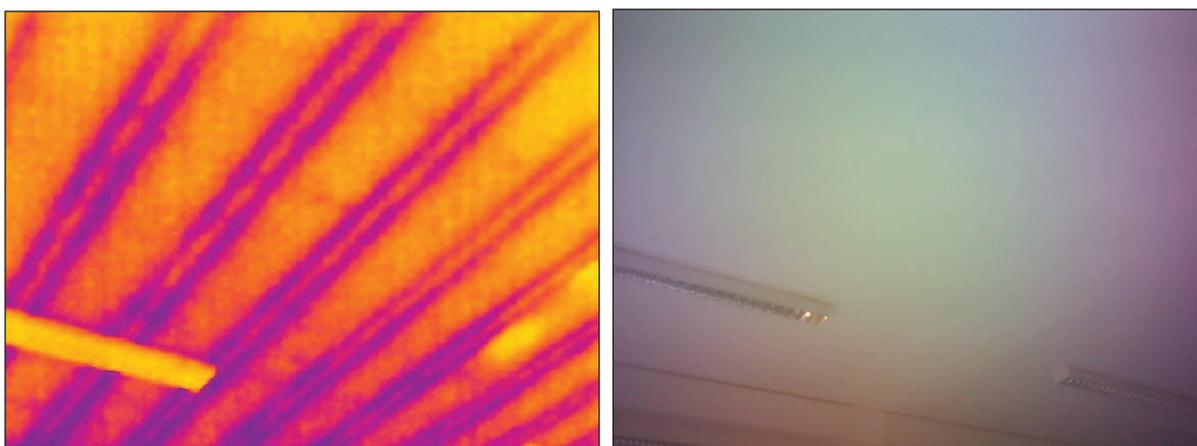


Foto n°9-10 - Anche nell'Aula 4 al piano terra, l'analisi termografica ha dato la possibilità di ravvisare il ricorso ad una tipologia costruttiva analoga.

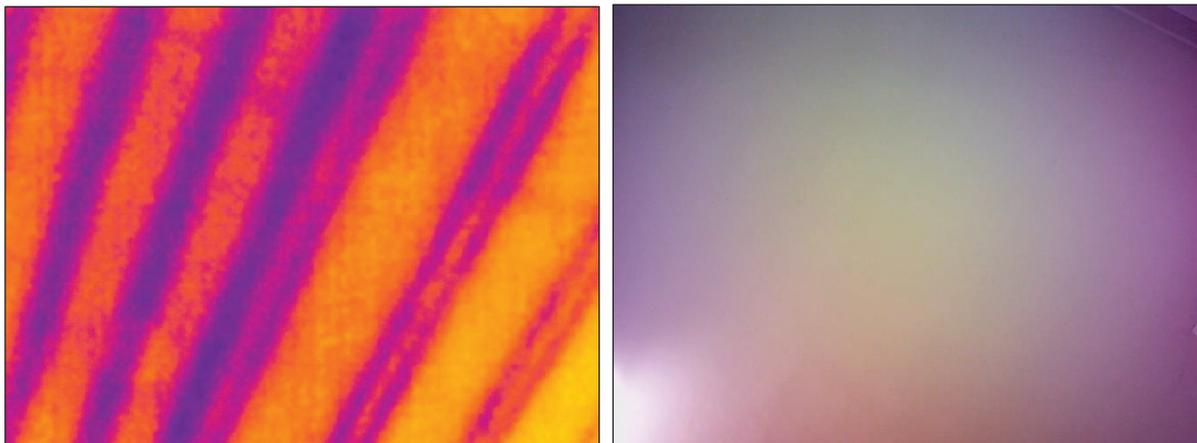


Foto n°11-12 - Nel Corridoio 1 al piano terra è stato possibile osservare il passaggio ad una tipologia di solaio differente.

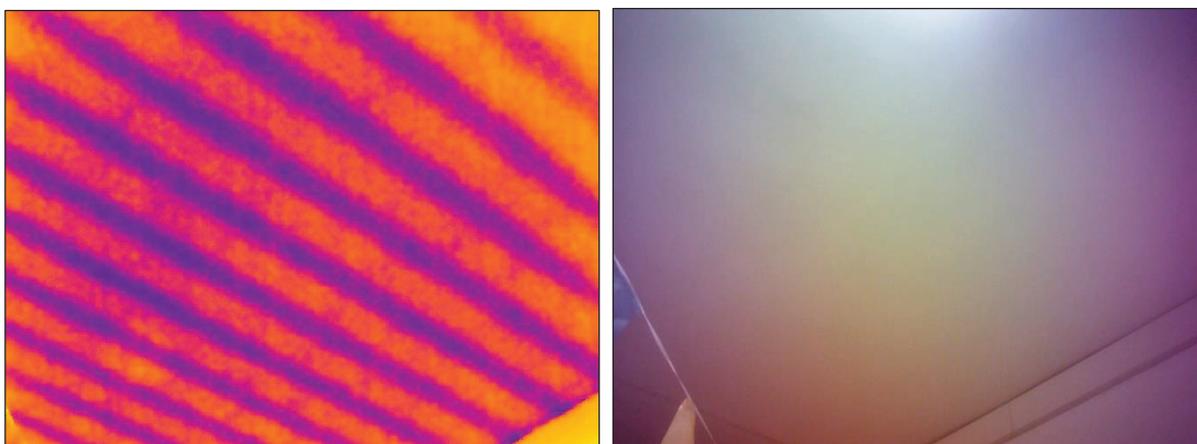


Foto n°13-14 - Il termogramma registrato nel Disimpegno 1 al primo piano dà la possibilità di osservare la terza tipologia costruttiva individuate, che ammette una scansione di travetti più fitta. Anche in questo caso, la scarsa linearità con cui vengono visualizzati i contorni degli elementi portanti, e riferibile all'impiego di travetti gettati in opera.

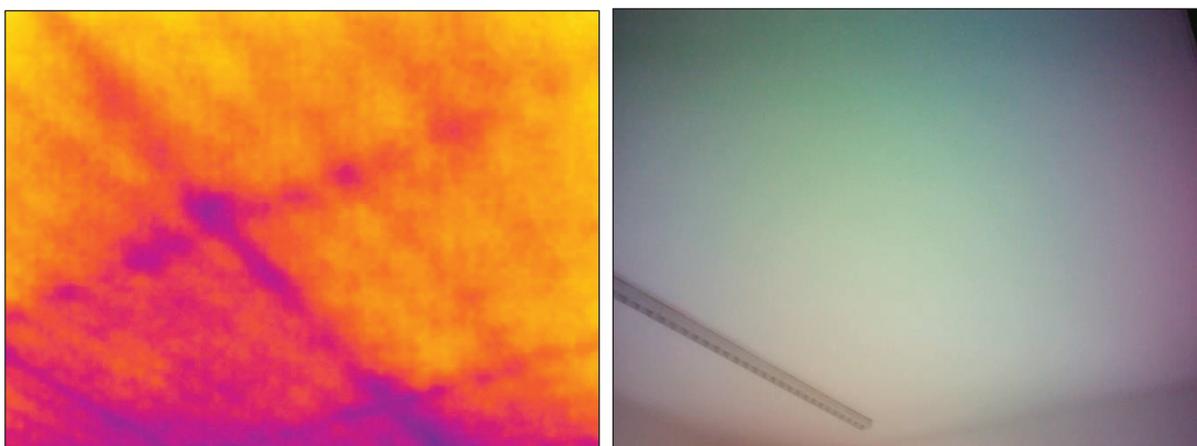


Foto n°15-16 - All'interno della Mensa 2 al piano terra è stato individuato il tracciato caratteristico di un sistema costruttivo realizzato mediante accostamento di tavole Perret.

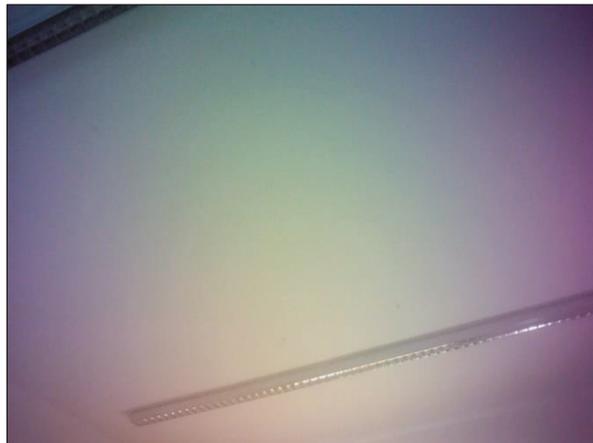
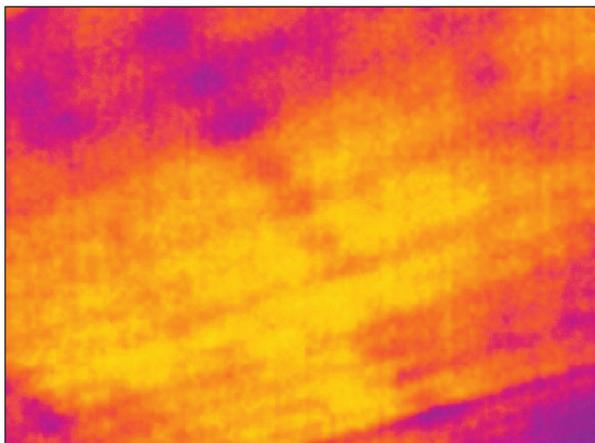


Foto n°17-18 - La medesima scansione del plafone è stata individuata anche nell'Aula 7 al piano terra.

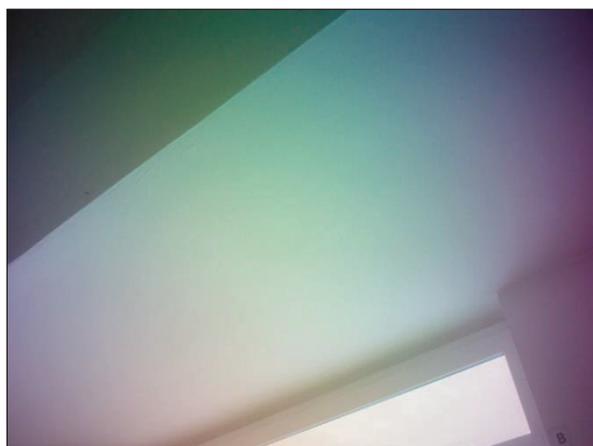
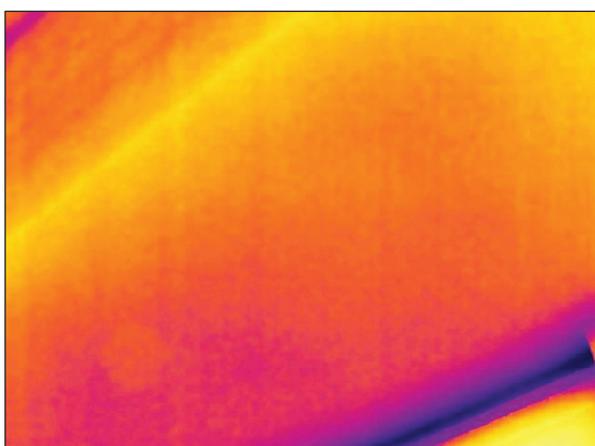


Foto n°19-20 - Nell'Atrio 1 al piano terra è stato possibile osservare inoltre una porzione di edificio realizzata con una soletta piena in calcestruzzo armato.

## 4. ANALISI COSTRUTTIVA

Grazie all'analisi termografica è possibile individuare le posizioni in cui procedere con le demolizioni superficiali necessarie per conoscere le tipologie dei solai presenti e per constatarne lo stato di salute.

### 4.1. IDENTIFICAZIONE DEI SOLAI

Le demolizioni localizzate effettuate in alcuni punti dell'edificio e le osservazioni condotte successivamente, hanno permesso di identificare le tipologie di solaio presenti. La maggior parte degli impalcati del fabbricato è realizzata secondo le caratteristiche riassunte nelle schede riportate di seguito. Leggere varianti potrebbero essere legate all'altezza e alla geometria degli alleggerimenti, al quantitativo di armatura in relazione alle luci coperte dai solai ed allo spessore dello strato di finitura che difficilmente è costante sull'intera superficie. Nelle planimetrie allegate con nomenclatura "Tipologia Solai", le diverse tipologie costruttive riscontrate sono indicate mediante campiture di colori differenti.

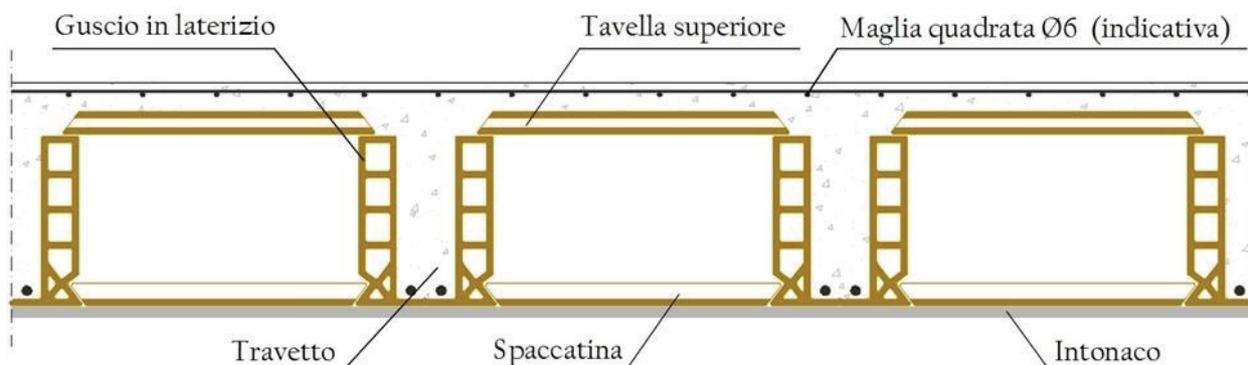
All'interno dell'edificio sono state rilevate quattro principali tipologie costruttive, tre delle quali impiegano la tecnologia mista con alleggerimenti in laterizio. In due casi è stato possibile riscontrare l'impiego di pignatte affiancate ad elementi portanti realizzati direttamente in opera, mentre in un terzo caso sono state utilizzate tavelle affiancate a travetti gettati in opera all'interno di gusci in laterizio. All'interno dell'edificio è presente anche un sistema di intradosso in muratura tipo "Perret", dove le tavelle sono pendinate al solaio in volte in calcestruzzo armate sovrastante. Infine, localmente è presente una soletta piena realizzata interamente in calcestruzzo armato.

#### 4.1.1. Tipologia Solaio A

Le osservazioni effettuate a seguito dei saggi distruttivi eseguiti hanno evidenziato la presenza di un solaio misto in laterocemento ottenuto dall'assemblaggio di cemento armato, con funzione prevalentemente resistente, e laterizi aventi funzione prevalentemente di alleggerimento.

All'interno del disegno posizione, quantità e dimensione dei ferri sono puramente indicative, così come la presenza della rete elettrosaldata annegata all'interno della cappa collaborante superiore, il cui spessore è misurato pari a 2 cm.

Lo schema della sezione trasversale e la tabella riportata di seguito mostrano le principali informazioni materiche e dimensionali dell'impalcato. Completa la scheda una breve documentazione fotografica di quanto rinvenuto nel corso dell'indagine.



Disegno n°1 – Schematizzazione dell'andamento della sezione della Tipologia Solaio A.

#### Caratteristiche Solaio

Tipologia travetto	Gettato	Altezza intercapedine tra blocchi [cm]	36
Orditura travetto	Monodirezionale	Altezza complessiva [cm]	45
Larghezza travetto [cm]	12	Tipologia finitura	Civile
Interasse travetto [cm]	70	Sp. finitura min. [mm]	12
Altezza alleggerimento superiore [cm]	4	Sp. finitura max. [mm]	15
Altezza alleggerimento inferiore [cm]	3	Getto di solidarizzazione	No



Foto n°21 - Individuazione della Tipologia Solaio A; demolizione puntuale eseguita nell'Aula 6 al piano terra.



Foto n°22 - Particolare del travetto gettato direttamente in opera.



Foto n°23 - Vista interna dell'intercapedine formata dalla sovrapposizione del sistema di alleggerimento.



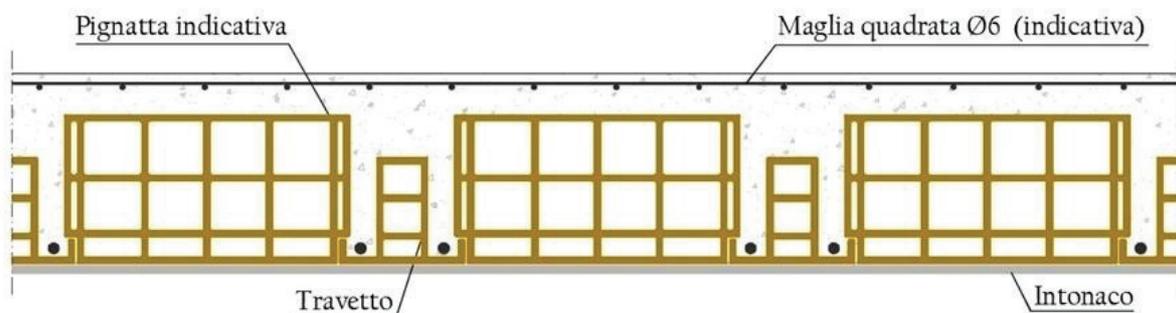
Foto n°24 - Dettaglio dello spessore dello strato di finitura del plafone.

#### 4.1.2. Tipologia Solaio B

Le osservazioni effettuate a seguito dei saggi distruttivi eseguiti hanno evidenziato la presenza di un solaio misto in laterocemento ottenuto dall'assemblaggio di cemento armato, con funzione prevalentemente resistente, e laterizi aventi funzione prevalentemente di alleggerimento.

All'interno del disegno posizione, quantità e dimensione dei ferri sono puramente indicative, così come la presenza della rete elettrosaldata annegata all'interno della cappa collaborante superiore, la quale non è presente.

Lo schema della sezione trasversale e la tabella riportata di seguito mostrano le principali informazioni materiche e dimensionali dell'impalcato. Completa la scheda una breve documentazione fotografica di quanto rinvenuto nel corso dell'indagine.



Disegno n°2 – Schematizzazione dell'andamento della sezione della Tipologia Solaio B.

#### Caratteristiche Solaio

Tipologia travetto	Gettato	Altezza allegg. [cm]	16
Orditura travetto	Monodirezionale	Tipologia finitura	Civile
Larghezza travetto [cm]	3+3	Sp. finitura min. [mm]	8
Interasse travetto [cm]	50	Sp. finitura max. [mm]	10



Foto n°25 - Individuazione della Tipologia Solaio B; demolizione puntuale eseguita nell'Aula 2 al piano terra.



Foto n°26 - Particolare in cui è osservabile la geometria del laterizio che realizza il sistema di alleggerimento.



Foto n°27 - Particolare del travetto gettato direttamente in opera.



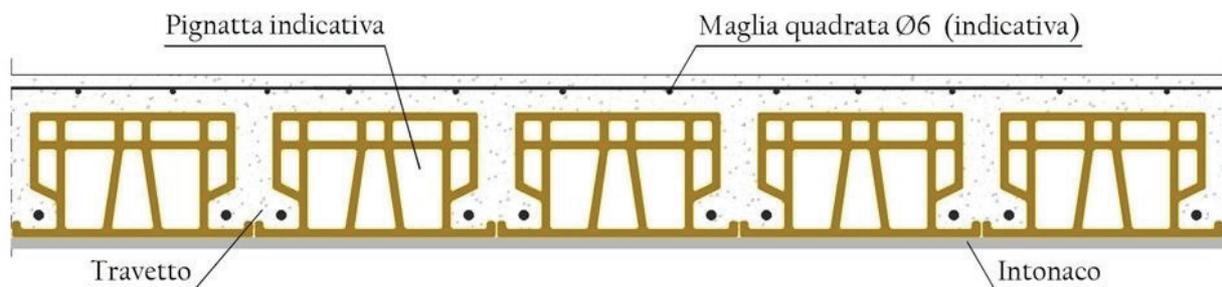
Foto n°28 - Dettaglio dello spessore dello strato di finitura del plafone.

### 4.1.3. Tipologia Solaio C

Le osservazioni effettuate a seguito dei saggi distruttivi eseguiti hanno evidenziato la presenza di un solaio misto in laterocemento ottenuto dall'assemblaggio di cemento armato, con funzione prevalentemente resistente, e laterizi aventi funzione prevalentemente di alleggerimento.

All'interno del disegno posizione, quantità e dimensione dei ferri sono puramente indicative, così come la presenza della rete elettrosaldata annegata all'interno della cappa collaborante superiore, il cui spessore è misurato pari a 3 cm.

Lo schema della sezione trasversale e la tabella riportata di seguito mostrano le principali informazioni materiche e dimensionali dell'impalcato. Completa la scheda una breve documentazione fotografica di quanto rinvenuto nel corso dell'indagine.



Disegno n°3 – Schematizzazione dell'andamento della sezione della Tipologia Solaio C.

#### Caratteristiche Solaio

Tipologia travetto	Gettato	Altezza complessiva [cm]	12
Orditura travetto	Monodirezionale	Tipologia finitura	Civile
Larghezza travetto [cm]	3	Sp. finitura min. [mm]	8
Interasse travetto [cm]	30	Sp. finitura max. [mm]	10
Altezza allegg. [cm]	9		



Foto n°29 - Individuazione della Tipologia Solaio C; demolizione puntuale eseguita nel Disimpegno 1 al piano terra.



Foto n°30 - articolare in cui è osservabile la geometria del laterizio che realizza il sistema di alleggerimento.



Foto n°31 - Particolare del travetto gettato direttamente in opera.

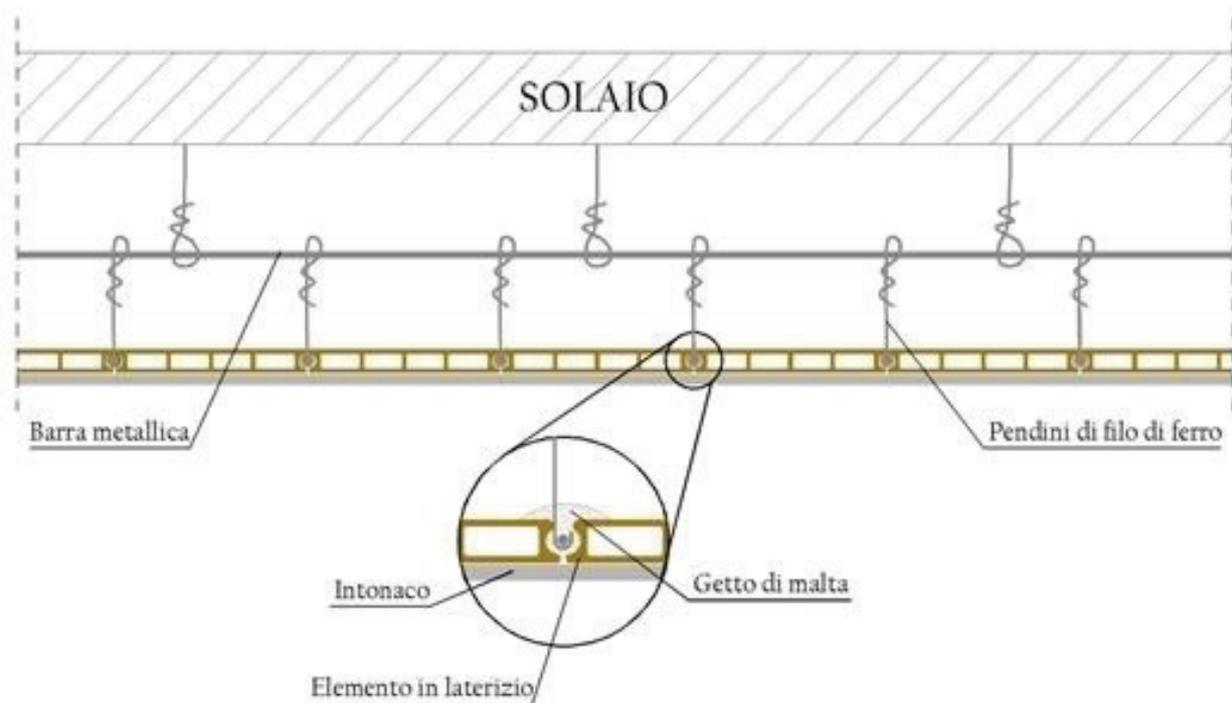


Foto n°32 - Dettaglio dello spessore dello strato di finitura del plafone.

#### 4.1.4. Tipologia Solaio D

Le osservazioni effettuate a seguito dei saggi distruttivi eseguiti hanno evidenziato la presenza di un controsoffitto in muratura, comunemente denominato Perret, realizzato dall'accostamento di elementi in laterizio di modesto spessore. Ciascun elemento presenta le estremità appositamente sagomate per consentire l'inserimento di barre di armatura di piccolo diametro sigillate da uno strato di conglomerato cementizio.

Lo schema della sezione trasversale e la tabella riportata di seguito mostrano le principali informazioni materiche e dimensionali del controsoffitto. Completa la scheda una breve documentazione fotografica di quanto rinvenuto nel corso dell'indagine.



Disegno n°4 – Schematizzazione dell'andamento della sezione della Tipologia Solaio D.

#### Caratteristiche Solaio

Spessore tavella	4	Tipo di fissaggio al supporto	Tassello per c.a.
Sp. finitura min. [mm]	10	Tipologia pendini	Fil di ferro intrecciato
Sp. finitura max. [mm]	12	Tipologia supporto	C.A.



Foto n°33 - Individuazione della Tipologia Solaio D; demolizione puntuale eseguita nel locale Mensa 2 al piano terra.



Foto n°34 - Dettaglio dello spessore dello strato di finitura del plafone.



Foto n°35 - Vista d'insieme del solaio in calcestruzzo armato soprastante.



Foto n°36 - Individuazione del sistema di pendinaggio che mantiene in sospensione l'intradosso in tavelle.

## 4.2 IDENTIFICAZIONE DEI CONTROSOFFITTI

In alcune posizioni dell'edificio è stato possibile riscontrare la presenza di sistemi di controsoffittatura di differente tipologia. In particolare è stato possibile osservare un sistema di controsoffittatura continuo non ispezionabile in cartongesso. La presenza di tale sistema di controsoffittatura non ha reso possibile eseguire il rilievo delle caratteristiche costruttive che riguardano sia gli elementi di finitura che il sistema di pendinaggio impiegato ed il monitoraggio dell'intradosso del solaio.

## 5. ANALISI SFONDELLAMENTO

### 5.1. DIAGNOSI CON BATTITURA MANUALE

La battitura manuale della soletta è un metodo per la prima verifica dell'esistenza dello sfondellamento. Sollecitando la superficie del soffitto con colpi regolari si compie la prima valutazione di massima. La presenza di suoni vuoti in zone particolari del solaio indica l'esistenza del fenomeno. Questa operazione di scrematura ci permette di controllare l'intera superficie e di raffinare la diagnosi, in una seconda fase, mediante lo strumento di ispezione sonora. Osservata la presenza di zone ammalorate si procede, ove necessario, ad una diagnosi approfondita mediante Sonispect®.

### 5.2. DIAGNOSI MEDIANTE SONISPECT®

Il metodo ha lo scopo di individuare, con metodi non distruttivi, gli sfondellamenti o le lesioni negli elementi in laterizio e anche i distacchi del solo strato d'intonaco.

La strumentazione per l'indagine con il metodo Sonispect® è composta da un'asta alla cui estremità sono posti uno spintore elettromeccanico con testina battente e un microfono a condensatore direzionale. L'intensità di battuta è costante ed il microfono ne registra la risposta sonora. L'indagine viene svolta mediante auscultazione sonora di impulsi sequenziali emessi e ricevuti su una maglia a geometria fissa ed analizzati nel dominio delle frequenze.

Le valutazioni sull'eventuale difettosità delle aree sono espresse in base alla conoscenza della tipologia costruttiva dei solai, poiché ogni tipologia reagisce con risposte differenti nel campo delle vibrazioni.

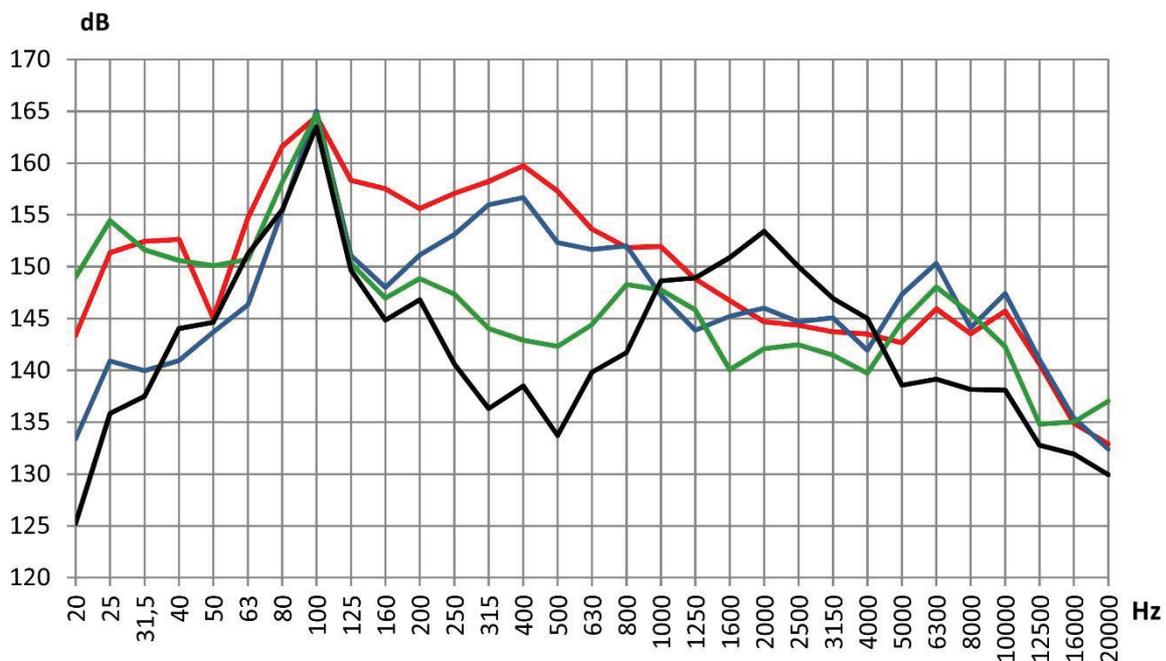
#### 5.2.1. Caratteristiche del metodo

Il metodo presenta delle caratteristiche vantaggiose che ne consentono l'uso in qualsiasi situazione con la certezza dei risultati.

- Rapidità di indagine
- Alta risoluzione
- Rilievo strumentale con eccitatore meccanico a percussione e con microfono ad alta risoluzione
- Elaborazione immediata in terzi di ottava con analizzatore di spettro
- Restituzione a mezzo CAD di immediata comprensione

In base alle analisi effettuate mediante Sonispect® è possibile classificare le situazioni di danneggiamento secondo quattro diversi livelli. Partendo dalla situazione considerata normale, cioè che non presenta alcun fenomeno fessurativo, si arriva a situazioni pessime e pericolose, passando da uno stato mediocre e da uno scadente, in cui il fenomeno è in evoluzione, ma non presenta la precarietà di un probabile distacco. Lo strumento, attraverso l'analisi delle risposte alle battute, è in grado di percepire la differenza di situazione e di indicare le difettosità puntuali o diffuse. Come pessime e pericolose si indicano le risposte che segnalano la sicura rottura con possibile imminente distacco di intonaco e/o laterizio. È possibile compiere dei confronti tra le diverse risposte dalla lettura dei diagrammi di uscita.

Il diagramma presenta in ascissa la frequenza compresa tra 20 Hz e 20000 Hz ed in ordinata il livello di pressione sonora (misurata in dB). Il diagramma di confronto qui riportato si riferisce all'andamento tipico di un solaio analogo in cui sono state osservate patologie simili.



Leggendo i risultati riportati nel diagramma di uscita dello strumento sonico è possibile fare delle osservazioni generali. Si nota che le curve, per una frequenza di 100 Hz, presentano un picco che si assesta intorno ad un valore di 163÷165 dB. Tale picco si riferisce all'impulso di battitura dello spintore, che agendo con la medesima intensità di battuta su ogni punto della superficie procura un'analogia risposta.

Il giudizio sullo stato di salute dell'intradosso del solaio va compiuto nell'intervallo di frequenze compreso tra i 100 Hz ed i 1000 Hz. In tale range la risposta è ben approssimata ed è possibile trovare le variazioni di risposta in modo più preciso.

La linea di colore nero, più bassa, si riferisce ad un solaio normale, in cui non è presente la fessurazione. L'andamento, se pur irregolare, ha dei valori di sensibile decremento di risposta.

In modo analogo si comporta la linea di colore verde, che rappresenta uno stato mediocre. In questo caso la curva risulta leggermente superiore a quella nera indicando una variazione all'interno dell'intradosso. La struttura è globalmente omogenea, ma possono essere presenti delle fessurazioni nello strato superficiale dell'intonaco di finitura dell'intradosso.

La linea di colore blu segnala una condizione transitoria in cui la porzione di intradosso non possiede più le caratteristiche di stabilità del solaio normale, ma non ha raggiunto ancora la situazione di crisi. Per questi casi si può prevedere una degenerazione del problema fino ad un collasso finale. La mutabilità e l'evoluzione del problema, non permettono una previsione temporale del distacco, ma consigliano un periodico monitoraggio in modo da prevenire i rischi.

La linea superiore, di colore rosso, presenta invece da subito delle anomalie. La curva, infatti, non ha più una brusca caduta ed il suono vuoto che si produce mantiene più alta l'intera curva. Ciò significa che la struttura non è omogenea e che presenta un fenomeno piuttosto avanzato di sfondellamento o di perdita di aderenza della finitura intonacata. In queste condizioni potrebbero presentarsi delle situazioni pericolose per gli utenti dei locali.

Nelle mappature allegate le zone in condizione normale non presentano alcuna retinatura colorata, le zone mediocri presentano una retinatura di colore verde, le zone scadenti di colore blu, mentre le zone pessime sono indicate in rosso con retinatura piena. Con una retinatura rossa a righe incrociate vengono indicate porzioni di intradosso pericolose o al limite del distacco.

## 5.2.2. Caratteristiche tecniche delle apparecchiature

### Analizzatore di spettro digitale

- Risposta in frequenza: 20 ÷ 20 kHz
- Impedenza in entrata (@ 1 kHz) : 1,6 k $\Omega$
- Frequenza di campionamento: fino a 48 Hz
- 16 bit di conversione A/D
- Memoria RAM: 2 GH

### Spintore elettromeccanico

- Testina battente in gomma dura
- Tensione: 12 V
- Resistenza nominale bobina: 1,05 $\Omega$
- Soglia rigidità dielettrica: 1 mA

### Microfono a condensatore direzionale

- Risposta in frequenza: 20 ÷ 20 kHz
- Sensibilità: 9 mV/PA / -41 dBV
- Pressione acustica limite: 112 Pa / 135 dB SPL
- Impedenza elettrica: < 200 $\Omega$

## 6. RISULTATI DELLE ANALISI

L'insieme delle informazioni ottenute durante l'indagine ci permette di riassumere i risultati ottenuti con le diverse analisi.

### 6.1. TERMOGRAFIA

La termografia si è dimostrata uno strumento prezioso per la valutazione delle infiltrazioni e dell'umidità nell'edificio: la capacità di fornire un'immagine fisica dei percorsi di diffusione dell'umidità, offre infatti informazioni più sicure rispetto all'estrapolazione dei dati rilevati da sonde e comporta tempi inferiori. Ciò significa che i difetti di isolamento presenti nelle componenti strutturali che racchiudono un edificio possono essere localizzati ed ispezionati. A causa della sua maggiore capacità termica, la parte umida tratterrà il calore più a lungo di quella asciutta e sarà visibile nelle immagini all'infrarosso; inoltre il materiale da costruzione interessato dall'umidità ha una massa termica più elevata e la sua temperatura diminuisce più lentamente rispetto alle aree circostanti a causa dell'effetto capacitivo conduttivo e termico. Inoltre, la presenza di sacche d'aria tra lo strato di intonaco ed il supporto in laterizio ha permesso l'osservazione diretta delle zone col peggiore grado di conservazione dell'intradosso.

Durante il sopralluogo è stato possibile escludere la presenza di porzioni dei plafoni risultate soggette a fenomeni di infiltrazione tuttora attivi o di recente formazione.

In generale, i primi effetti della presenza e persistenza di infiltrazioni a livello dell'intradosso sono il verificarsi di esfoliazione e/o distacchi superficiali prima della pittura e successivamente della finitura, nella quale le sostanze che la compongono reagiscono con quelle disciolte nell'acqua creando rigonfiamenti o un impasto con una minore coesione.

## 6.2. INTONACO

La ricerca di porzioni degli intradossi degli orizzontamenti interessate dal fenomeno dello sfondellamento, ha in parallelo permesso di analizzare lo stato di conservazione del grado di aderenza dello strato di finitura al plafone. Le condizioni di coesione sono dovute sia a cause intrinseche che a fattori esterni: tra le prime possono essere considerate la fattura della malta impiegata, che diminuisce di qualità quando la sua consistenza risulta essere sabbiosa, lo spessore e la vetustà dello strato; come fattori esterni si può annoverare l'eventuale presenza di fenomeni di infiltrazioni e/o efflorescenze superficiali, che determina invece una diminuzione locale della coesione della finitura. In diverse posizioni, l'osservazione dei soffitti ha evidenziato la presenza di zone di differente estensione degradate a causa di efflorescenze superficiali. In queste posizioni è stata intensificata la battitura al fine di individuare l'effettivo stato del solaio ed il grado di coesione dell'intonaco al plafone. Non è sempre possibile risalire all'origine della loro formazione, ma è evidente che l'umidità può diminuire la resistenza dei materiali e procurarne il deperimento.

Complessivamente l'aderenza dello strato di finitura al supporto è risultata soddisfacente; localmente è stato possibile riscontrare un grado di coesione pessimo: al fine di prevenire un ulteriore peggioramento dell'aderenza della finitura al plafone ed evitare l'insorgere di situazioni critiche, si consiglia la pianificazione di un intervento localizzato di rimozione e ripristino.

È stato inoltre eseguito un rilievo delle fessurazioni presenti sui plafoni, le quali interessano il solo strato di finitura e segnano i soffitti, in particolar modo in corrispondenza della posizione dell'orditura portante. Si consiglia pertanto di mantenere monitorata l'evoluzione di tali fenomeni al fine di evitare l'insorgere di criticità. Nelle planimetrie allegate sono riportate puntualmente le stesse lesioni.

La documentazione fotografica riportata a seguire permette di evidenziare alcune delle porzioni degradate, osservate durante il sopralluogo.



Foto n°37 - Efflorescenza superficiale che interessa il plafone del Corridoio 2 al piano terra.



Foto n°38 - Porzione del plafone dell'Aula 4 al piano terra connotata da un grado di aderenza pessimo dello strato di finitura.



Foto n°39 - Porzione del plafone del Disimpegno 1 al piano terra connotata da una lesione che interessa il solo strato di finitura.



Foto n°40 - Porzione del plafone dell'Aula 3 al piano terra connotata da un grado di aderenza pessimo dello strato di finitura. Questa zona è connotata anche da una lesione che interessa il solo strato di finitura.



Foto n°41 - Porzione del plafone dell'Aula 2 al piano terra connotata da un grado di aderenza pessimo dello strato di finitura. Questa zona è connotata anche da una lesione che interessa il solo strato di finitura.

### 6.3. SFONDELLAMENTO

Per le tipologie costruttive che impiegano un sistema di alleggerimento in pignatte o più generalmente blocchi forati in laterizio, il fenomeno dello sfondellamento è da attribuire a lesioni interne che si formano sui setti inferiori degli stessi laterizi mentre nel caso di solai caratterizzati dalla presenza di tavelle o tavelloni, deve essere inteso come fessurazione in corrispondenza del loro appoggio al travetto o all'elemento di supporto. Nella maggior parte dei casi, le porzioni maggiormente interessate sono collocate lungo o in prossimità delle fasce in cui l'orditura dei travetti risulta essere parallela ad elementi aventi un valore di rigidità elevato, quali sono le travi degli impalcati e gli elementi verticali. Tali posizioni non sono casuali ma dovute alla trasmissione di sforzi di natura torsionale che innescano fenomeni di sollecitazione assiale lungo i setti degli elementi di alleggerimento in corrispondenza della connessione al fondello. In questo modo le prime file degli stessi alleggerimenti risultano le più esposte; ciò non rende comunque le restanti parti degli impalcati immuni dal manifestarsi del fenomeno.

Le analisi condotte hanno permesso di escludere la presenza di zone tuttora interessate dal fenomeno dello sfondellamento.

Relativamente all'intradosso realizzato con laterizi "perret" (Solaio D), le analisi condotte hanno consentito di riscontrare complessivamente una buona conservazione. Nonostante ciò una rapida analisi degli elementi sospesi consente di ravvisare che tale struttura ammette un'incidenza di 45÷50 kg/mq. Ciò permette di considerarla come un controsoffitto pesante e nell'Intesa Istituzionale raggiunta nella Conferenza Unificata del 28 gennaio 2009, e pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n. 33 del 10 febbraio 2009, relativa agli indirizzi per prevenire e fronteggiare le eventuali situazioni di rischio connesse alla vulnerabilità di elementi anche non strutturali negli edifici scolastici tale situazione si considera altamente vulnerabile e quindi potenzialmente rischiosa per l'utenza.

## 6.4. CONTROSOFFITTI ED ELEMENTI APPESI

I risultati delle verifiche condotte sui sistemi di controsoffittatura e sulle apparecchiature vincolate agli stessi controsoffitti o direttamente ai solai, tese alla valutazione della qualità, della frequenza, della regolarità e delle modalità adottate per l'esecuzione dei fissaggi, vengono classificati secondo quattro diversi livelli. L'assenza di campiture colorate nelle planimetrie allegate con nomenclatura "Vulnerabilità controsoffitti ed elementi appesi" si riferisce ad una situazione classificata come normale; le porzioni contraddistinte con una colorazione blu rappresentano situazioni di degrado avviato che però non mostrano il rischio di distacco mentre laddove impiegata la colorazione rossa si segnala una condizione di degrado evoluta per le quali si dovrà intervenire al fine di evitare l'innescò di ulteriori rischi. Nei casi in cui invece si riscontri un rischio imminente di collasso dei sistemi appesi viene adottata una retinatura incrociata rossa.

La presenza di sistemi di controsoffittatura classificabili come pesanti, indipendentemente dalla tipologia dei dispositivi di sospensione impiegati, è evidenziata nelle stesse planimetrie con una bordatura di colore rosso che ne delimita l'estensione.

Le osservazioni condotte durante il sopralluogo permettono di considerare come idonea la stabilità degli elementi appesi presenti nell'edificio. Si fa notare tuttavia che l'integrità degli ancoraggi è direttamente legata al buon stato di conservazione dell'intradosso del solaio; a tale proposito si ricorda che sarebbe buona regola vincolare qualsiasi elemento appeso agli elementi portanti dell'impalcato.

## 7. CONCLUSIONI

I documenti e le informazioni raccolte permettono di avere un quadro complessivo dello stato di salute dei solai analizzati.

Le osservazioni condotte durante il sopralluogo permettono di considerare come idonea la stabilità degli elementi appesi presenti nell'edificio.

L'osservazione dei soffitti condotta mediante l'ausilio della termocamera ad infrarossi ha dato la possibilità di escludere la presenza di porzioni dei plafoni che risultano interessate da un fenomeno di infiltrazione tuttora attivo o di recente formazione.

In altri casi è stata constatata invece la presenza di zone degradate a causa di efflorescenze superficiali.

Complessivamente l'aderenza dello strato di finitura al supporto è risultata soddisfacente mentre localmente è stato possibile riscontrare un grado di coesione pessimo: al fine di prevenire un ulteriore peggioramento dell'aderenza della finitura al plafone ed evitare l'insorgere di situazioni critiche, si consiglia la pianificazione di un intervento localizzato di rimozione e ripristino.

Le analisi condotte hanno permesso di escludere la presenza di zone interessate dal fenomeno dello sfondellamento.

Relativamente all'intradosso realizzato con laterizi "perret" (Solaio D), le analisi condotte hanno consentito di riscontrare complessivamente una buona conservazione. Nonostante ciò una rapida analisi degli elementi sospesi consente di ravvisare che tale struttura ammette un'incidenza di 45÷50 kg/mq. Ciò permette di considerarla come un controsoffitto pesante e nell'Intesa Istituzionale raggiunta nella Conferenza Unificata del 28 gennaio 2009, e pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n. 33 del 10 febbraio 2009, relativa agli indirizzi per prevenire e fronteggiare le eventuali situazioni di rischio connesse alla vulnerabilità di elementi anche non strutturali negli edifici scolastici tale situazione si considera altamente vulnerabile e quindi potenzialmente rischiosa per l'utenza.

Per quantificare il grado di rischio legato ad un possibile sfondellamento occorre analizzare i due principali fattori che definiscono la quantità di materiale soggetto a possibile crollo.

Il peso dell'intonaco tradizionale di tipo civile è di circa 18 kg/mq per ogni centimetro di spessore. È evidente che l'incremento di spessore provoca un aumento proporzionale di peso.

Le misurazioni dello spessore dello strato di finitura dell'intradosso, effettuate nelle posizioni laddove eseguiti i rilievi delle tipologie costruttive, hanno consentito di riscontrare valori differenti.

Ciò non impedisce però di ravvisare in altri punti spessori differenti da quelli misurati. In particolare lo spessore maggiore della finitura può portare ad un più rapido degrado dello strato di supporto. Nel caso di distacchi simultanei anche di parti di laterizio, tale peso va incrementato ulteriormente di circa 10 kg/mq.

Il secondo fattore fondamentale è l'estensione del fenomeno. L'esperienza ottenuta da anni di osservazioni insegna che in molti casi, tale aspetto è quello rilevante.

Infatti, se si considera di estendere i carichi ipotizzati precedentemente su una superficie di circa 1÷2 mq, è chiaro che un crollo improvviso di ≈75 kg di materiale costituisce un pericolo. Inoltre, spesso, il fenomeno risulta tanto più imprevedibile quanto più è elevata la superficie ammalorata.

Tali considerazioni sono necessarie per una corretta interpretazione dei risultati ottenuti e per individuare un più corretto metodo di intervento. Per una valutazione puntuale si rimanda alle indicazioni riportate nella relazione, mentre per l'individuazione delle zone interessate da possibili cedimenti si rimanda alle planimetrie allegate che indicano puntualmente la situazione osservata.

E' doveroso ricordare che la presente relazione ha una limitata valenza temporale, in particolar modo nel caso di eventi eccezionali quali esplosioni, incendi o sismi, soprattutto se in un edificio di rilevanza strategica. Non è, infatti, possibile garantire la stabilità dell'intradosso dei solai per tempi illimitati.

Per valutare l'evoluzione dei fenomeni registrati si suggerisce l'esecuzione di un monitoraggio di controllo sui soffitti dell'edificio periodico, ponendo particolare attenzione alle porzioni individuate come scadenti ed indicate in blu nelle planimetrie allegate.

Gragnano Trebbiense, 02/11/2021

Ing. Marco Gallotta

Tecnoindagini S.r.l.



**TECNOINDAGINI SRL**  
Via Monte Sabotino n° 14  
20095 Cusano M. (MI)  
P.IVA 06283520969

ALLEGATO

ELABORATI GRAFICI

## INDICE

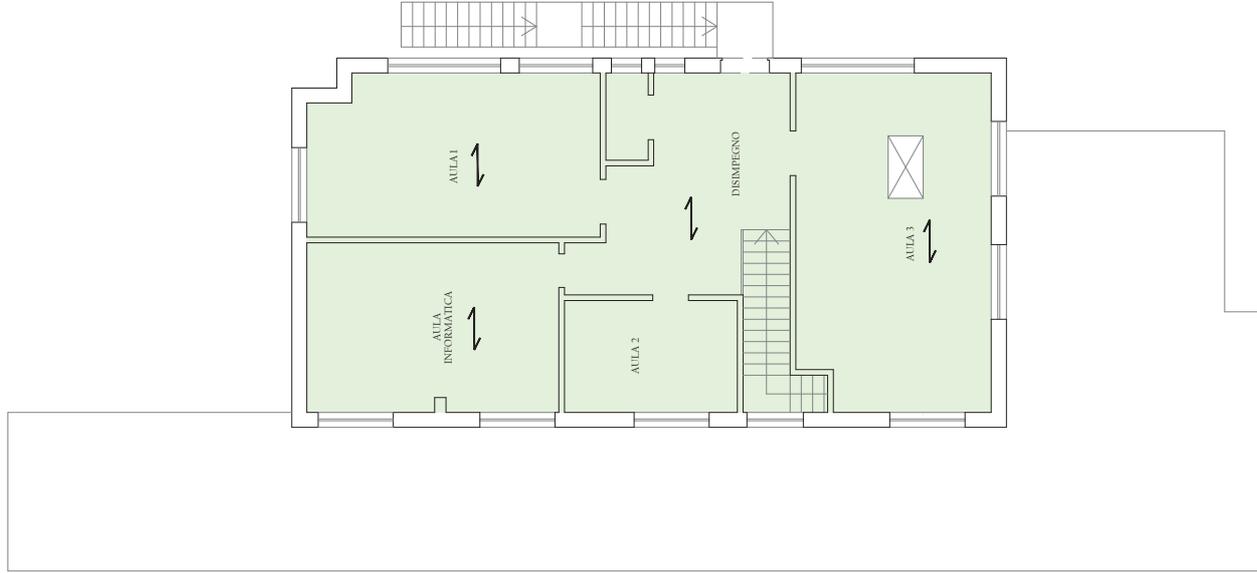
### 1. PLANIMETRIE

- 1.1. Tipologia Solai – Piano Primo
- 1.2. Tipologia Solai – Piano Terra
- 1.3. Mappatura Sonispect® – Piano Primo
- 1.4. Mappatura Sonispect® – Piano Terra
- 1.5. Vulnerabilità Controsoffitti ed Elementi Appesi – Piano Primo
- 1.6. Vulnerabilità Controsoffitti ed Elementi Appesi – Piano Terra

1. PLANIMETRIE  
1.1. TIPOLOGIA SOLAI - PIANO PRIMO

LEGENDA

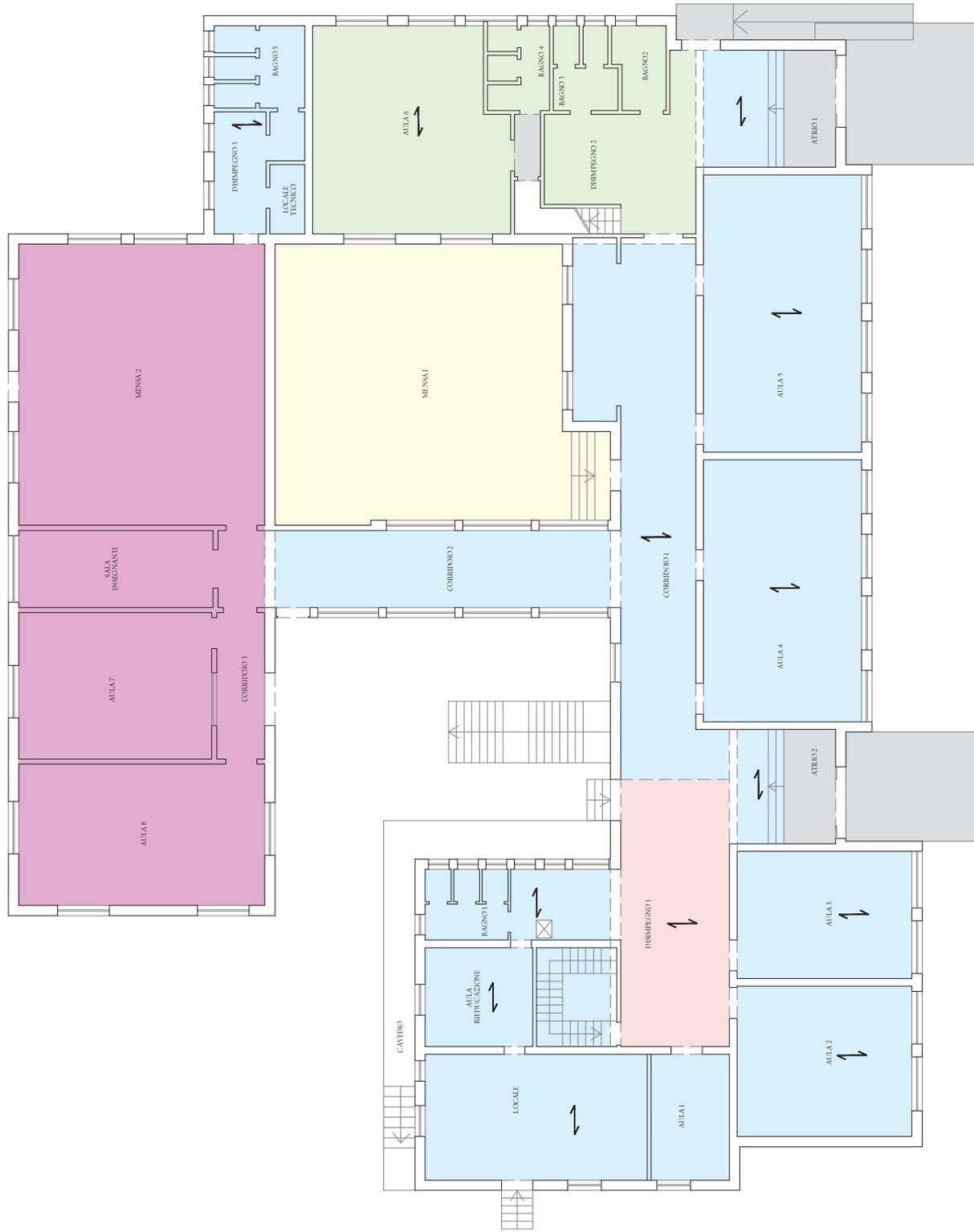
- SOLAIO A
- ↔ ORDITURA



## 1.2. TIPOLOGIA SOLAI - PIANO TERRA

### LEGENDA

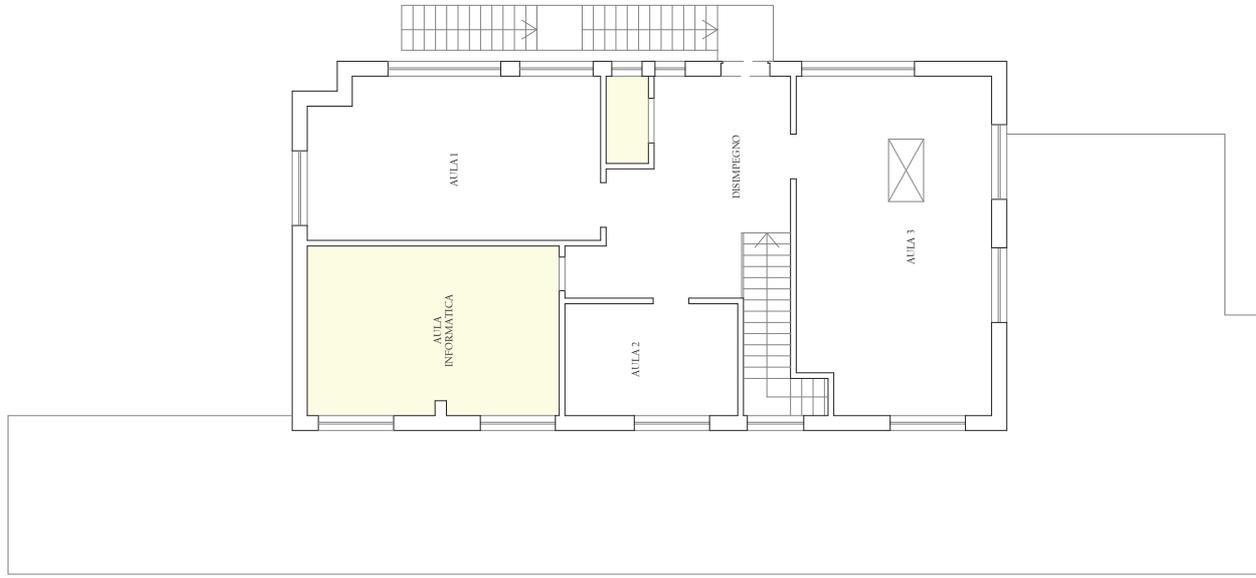
-  SOLAIO A
-  SOLAIO B
-  SOLAIO C
-  SOLAIO D
-  C.A.
-  NON RILEVABILE
-  ORDITURA



### 1.3. MAPPATURA SONISPECT® - PIANO PRIMO

LEGENDA

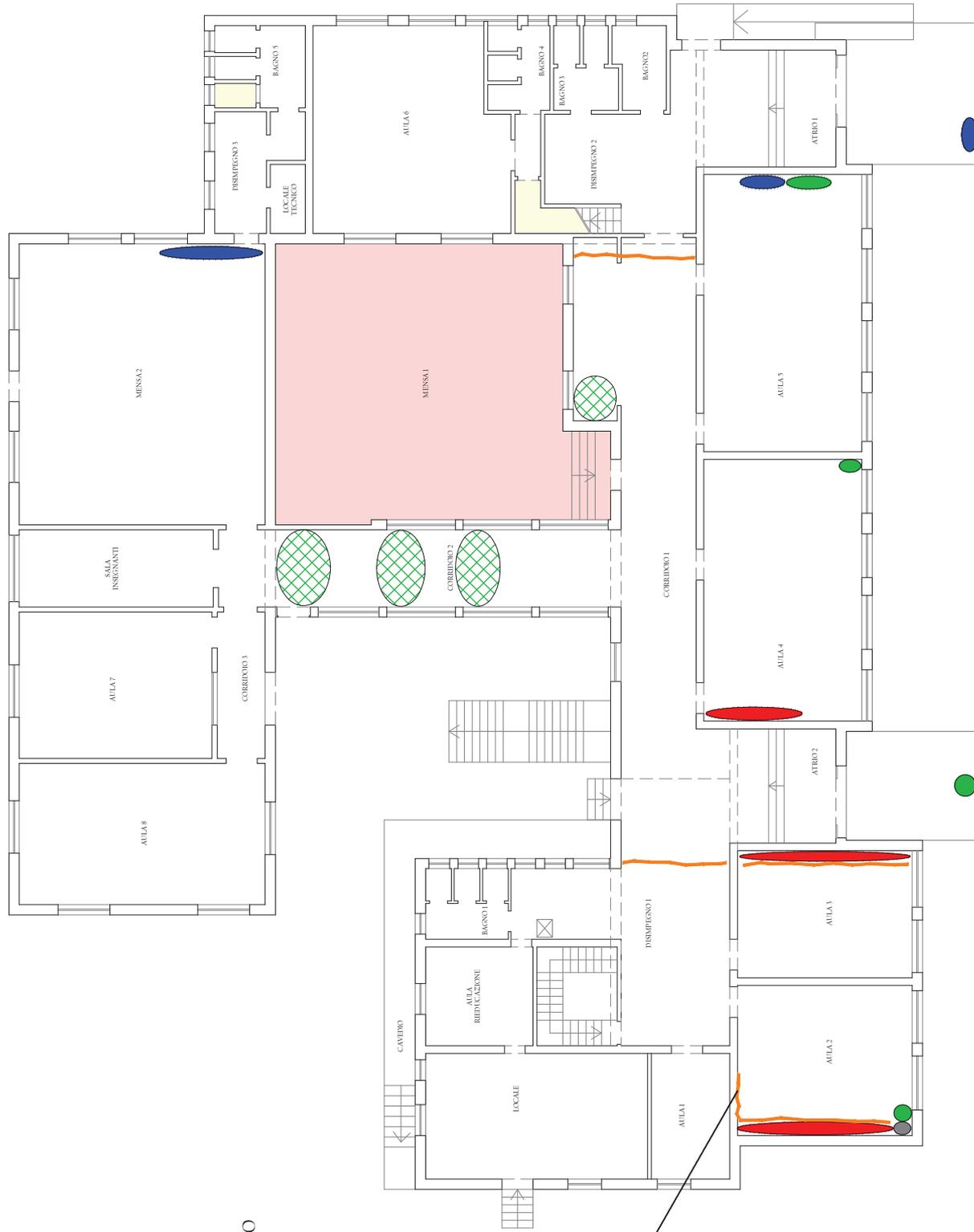
	PERICOLOSO
	PESSIMO
	SCADENTE
	MEDIOCRE
	NORMALE
	ZONE ESCLUSE



I.4. MAPPATURA SONISPECT® - PIANO TERRA

LEGENDA

-  PERICOLOSO
-  PESSIMO
-  SCADENTE
-  MEDIOCRE
-  NORMALE
-  INFILTRAZIONI
-  FESSURAZIONI
-  INTRADOSSO RIMOSSO
-  CARTONGESSO
-  ZONE ESCLUSE

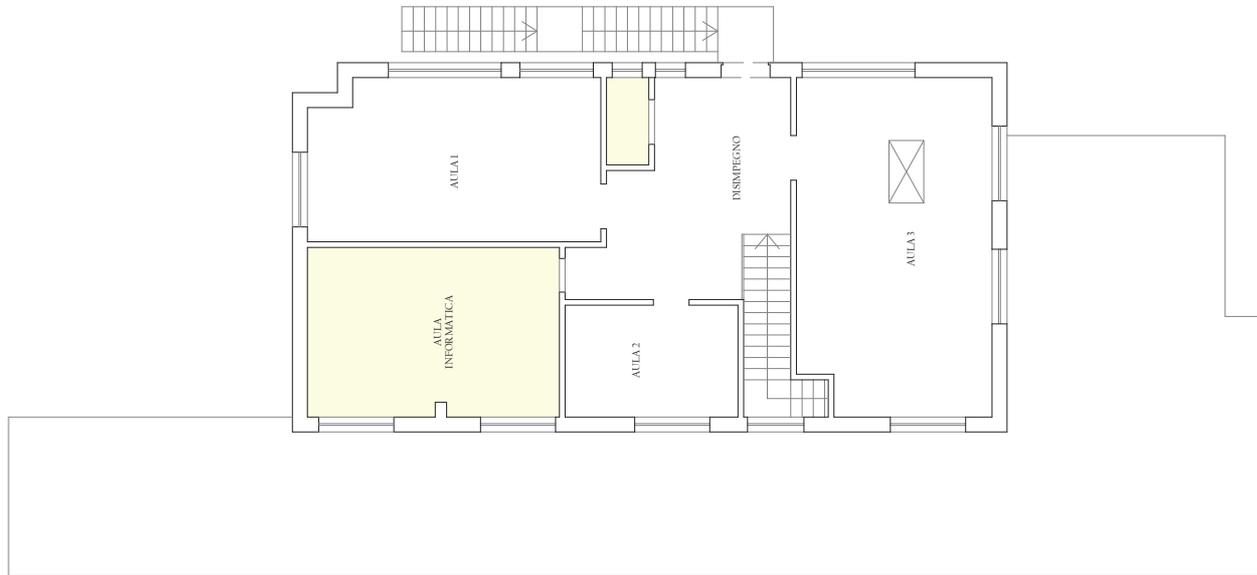


FESSURA VERTICALE

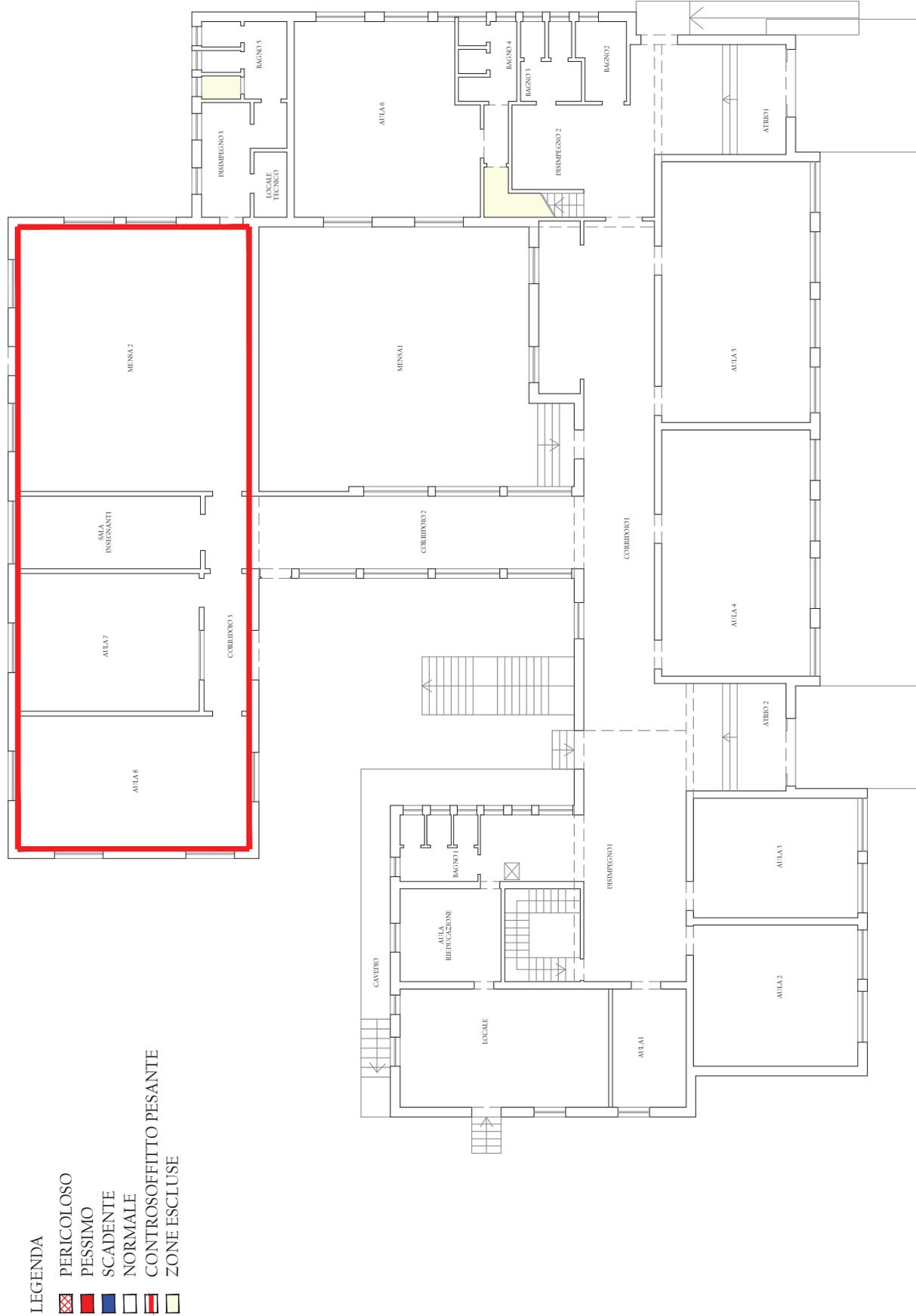
### 1.5. VULNERABILITA' CONTROSOFFITTI ED ELEMENTI APPESI - PIANO PRIMO

#### LEGENDA

-  PERICOLOSO
-  PESSIMO
-  SCADENTE
-  NORMALE
-  CONTROSOFFITTO PESANTE
-  ZONE ESCLUSE



### 1.6. VULNERABILITA' CONTROSOFFITTI ED ELEMENTI APPESI - PIANO TERRA



***PROPOSTA DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA***  
***MESSA IN SICUREZZA DEI SOLAI***  
***RELAZIONE ILLUSTRATIVA INTERVENTI***

## INDICE

1. INTRODUZIONE	3
2. INQUADRAMENTO DELLA PROPOSTA DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA	5
3. DEFINIZIONE DELL'INTERVENTO DI MESSA IN SICUREZZA STRUTTURALE E NON STRUTTURALE DEI SOLAI	7
4. TECNICHE DI INTERVENTO A CONTENIMENTO DI FENOMENI DI SFONDELLAMENTO E/O DISTACCO DI INTONACO	9
5. STUDIO DI VALUTAZIONE TECNICO-ECONOMICA DEL RISCHIO SFONDELLAMENTO E MESSA IN SICUREZZA	13
ALLEGATO – ELABORATI GRAFICI “LOCALIZZAZIONE INTERVENTI”	

## 1. INTRODUZIONE

Il presente documento è stato redatto a seguito delle indagini diagnostiche dei solai, quale “Relazione tecnica illustrativa degli interventi”, strumento propedeutico alla definizione tecnico-economica degli interventi di manutenzione straordinaria in primis degli edifici scolastici, in attuazione delle disposizioni dell’Art. 10 del D.L. 12/09/2013, n.104 secondo il quale “*al fine di favorire interventi straordinari di ristrutturazione, miglioramento, messa in sicurezza, adeguamento sismico, efficientamento energetico di immobili di proprietà pubblica adibiti all’istruzione scolastica e all’alta formazione artistica, musicale e coreutica e immobili adibiti ad alloggi e residenze per studenti universitari, di proprietà degli enti locali, nonché la costruzione di nuovi edifici scolastici pubblici e la realizzazione di palestre scolastiche nelle scuole o di interventi volti al miglioramento delle palestre scolastiche esistenti per la programmazione triennale 2013-2015, le Regioni interessate possano essere autorizzate dal Ministero dell’economia e delle finanze, d’intesa con il Ministero dell’istruzione, dell’università e della ricerca e con il Ministero delle infrastrutture e dei trasporti, a stipulare appositi mutui trentennali con oneri di ammortamento a totale carico dello Stato, con la Banca europea per gli investimenti, con la Banca di sviluppo del Consiglio d’Europa, con la società Cassa depositi e prestiti Spa e con i soggetti autorizzati all’esercizio dell’attività bancaria ai sensi del decreto legislativo 1° settembre 1993, n. 385*” e dei successivi Piani Triennali di interventi straordinari per l’Edilizia Scolastica.

Lo stesso documento può essere esteso alla messa in sicurezza di edifici pubblici in genere o anche ad edifici privati aperti o meno al pubblico.

In relazione alle vulnerabilità in argomento, ed alla sicurezza strutturale e non strutturale degli edifici scolastici e non, la loro vetustà pone una situazione con degradi sempre crescenti che devono essere gestiti contemporaneamente. Le normative impongono azioni preventive volte al mantenimento della sicurezza.

Per seguire le indicazioni delle NTC, si deve mettere in atto una pianificazione delle misure di prevenzione e protezione. Questo significa impostare un piano nel tempo in cui si programmano gli interventi di manutenzione prima che il degrado diventi evidente e pericoloso. L’obiettivo è prevenire il degrado, evitare i pericoli e contenere i costi.

Uno degli elementi più critici all’interno degli edifici è l’intradosso dei solai, infatti circa il 60% delle segnalazioni di richieste di interventi sono ormai legate al rischio di crolli o distacchi di parti di esso. In particolare, emerge che il rischio maggiore è lo sfondellamento, che è tra i rischi più ricorrenti nell’edilizia italiana: di tutte le vulnerabilità degli edifici, più della metà delle situazioni di pericolo sono infatti da imputare a questo fenomeno.

Rilievi statistici oltre a recenti e preoccupanti episodi di cronaca a livello nazionale fanno chiaramente capire che, per gli edifici pubblici o privati, e scolastici in particolare, tale rischio non è assolutamente trascurabile.

Grazie alle indicazioni messe a disposizione dalle istituzioni, per gli interventi di manutenzione straordinaria, è quindi possibile non vanificare le indagini diagnostiche condotte sugli edifici ed intervenire in maniera preventiva prima che il fenomeno si estenda e comporti pericoli e costi sempre maggiori.

In particolare, proprio il quadro normativo di riferimento dell’ultimo decennio, pone le basi per la progressiva risoluzione delle problematiche legate alla sicurezza degli edifici, connesse agli elementi anche non strutturali ed in particolare al rischio di crolli di soffitti e controsoffitti.

RICHIAMATE le NTC’08 (D.M. 14/01/2008) che precisano che una struttura deve essere “*progettata, eseguita, collaudata e soggetta a manutenzione in modo tale da consentirne la prevista utilizzazione, in forma economicamente sostenibile e con il più alto livello di sicurezza*” e che pongono come principio base per la sicurezza degli edifici il concetto di *Salvaguardia della vita umana*, cioè dei fruitori degli edifici.

RICHIAMATA l’Intesa Istituzionale Stato-Regioni del 28/01/2009 concernente gli *indirizzi per prevenire e fronteggiare le vulnerabilità degli elementi non strutturali negli edifici scolastici*, che definisce prioritaria la valutazione di sicurezza nei confronti di soffitti, controsoffitti ed elementi appesi ai solai, in relazione al tragico evento dell’Istituto “Darwin” di Rivoli (TO) del 22 novembre 2008.

RICHIAMATE le NTC'18 (D.M. 17/01/2018) che confermando che l'obiettivo della sicurezza degli edifici e delle strutture è la Salvaguardia della vita umana, precisano che le prestazioni in termini di sicurezza di una costruzione nel suo complesso, devono *includere gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti*.

RICHIAMATA la legge “Buona Scuola” n.107 del 2015 ed il relativo Bando MIUR 2016, che al fine di garantire la sicurezza degli edifici scolastici e di prevenire eventi di crollo dei relativi solai e controsoffitti, ha autorizzato il finanziamento di *indagini diagnostiche degli edifici scolastici*, propedeutiche agli interventi di messa in sicurezza degli edifici scolastici.

RICHIAMATO il Decreto del 01/07/2017, meglio conosciuto con la denominazione “Scorrimento graduatorie Bando MIUR 2016”, che al fine di garantire la sicurezza degli edifici scolastici e di prevenire eventi di crollo dei relativi solai e controsoffitti, ha autorizzato il nuovo finanziamento di *indagini diagnostiche degli edifici scolastici*, propedeutiche agli interventi di messa in sicurezza degli edifici scolastici, in relazione alle risorse non assegnate in attuazione del precedente Decreto n.933 del 2015.

VISTO il Decreto del Ministero dell'Economia e delle Finanze, adottato di concerto con il Ministero dell'istruzione, dell'università e della ricerca e con il Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 3 gennaio 2018, n. 47, pubblicato nella Gazzetta ufficiale 4 aprile 2018, n. 78, con il quale, in attuazione di quanto previsto all'art. 10 del citato D.L. n. 104/2013 vengono stabiliti: l'oggetto del finanziamento, la natura ed i criteri per la definizione dei *Piani regionali triennali e annuali di edilizia scolastica*, gli stati di avanzamento e monitoraggio nonché le relative tempistiche.

VISTE le diverse Delibere di Giunta Regionale dei mesi aprile e maggio 2018 con la quale viene di fatto approvato il documento programmatico contenente i criteri per la formazione del Piano Regionale Triennale e dei Piani Annuali di edilizia scolastica ai sensi e per gli effetti di cui all'art. 10 del DL n. 104/2013 e del Decreto interministeriale n. 47/2018.

VISTE che le suddette Delibere Regionali danno mandato, di fatto, ai Settori Educazione e Istruzione o organi equipollenti di competenza, di adottare tutti gli atti e provvedimenti necessari ai fini della formazione del Piano regionale triennale e dei Piani annuali, di edilizia scolastica e della loro trasmissione nei termini previsti.

VISTO che secondo il disposto del suddetto Decreto Interministeriale n. 47/2018 le Regioni trasmettono al Ministero dell'istruzione, università e ricerca e, per conoscenza, al Ministero dell'economia e delle finanze e al Ministero delle infrastrutture e dei trasporti, entro il 2 agosto 2018 i piani regionali triennali di edilizia scolastica redatti sulla base delle richieste presentate dagli enti locali e soggetti a conferma annuale circa l'attualità degli interventi ivi inseriti, per gli anni 2019 e 2020.

RICHIAMATO il Decreto del 08/01/2020, meglio conosciuto con la denominazione “Bando MIUR 2019”, che al fine di garantire la sicurezza degli edifici scolastici e di prevenire eventi di crollo dei relativi solai e controsoffitti, ha autorizzato il nuovo finanziamento di *indagini diagnostiche degli edifici scolastici*, propedeutiche agli interventi di messa in sicurezza degli edifici scolastici, con emissione delle graduatorie degli enti provinciali e comunali finanziati.

appare pertanto **PRIORITARIO** vista la volontà di proseguire sul filone già avviato della messa in sicurezza degli edifici scolastici, a seguito dello screening diagnostico dello stato di salute dei solai, controsoffitti ed elementi appesi, definire un **PIANO MANUTENTIVO PER LA MESSA IN SICUREZZA DEI SOLAI**, proprio degli edifici scolastici in primis, ma non solo, anche per edifici pubblici e/o privati in genere.

## 2. INQUADRAMENTO DELLA PROPOSTA DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA

Il presente documento, sulla scorta dello studio di valutazione dello stato di salute dei solai di cui alla relazione tecnica denominata “*Libretto Sanitario sullo sfondellamento dei solai*”, ha l’obiettivo di valutare la fattibilità tecnico/operativa di un intervento di manutenzione straordinaria per la messa in sicurezza dell’edificio.

Le indagini condotte nella campagna diagnostica hanno consentito di ottenere una serie di mappature del degrado dei soffitti degli edifici, che rappresentano una fotografia dello stato dell’edificio oltreché un indicatore dell’evoluzione del fenomeno negli anni, consentendo di definire con sufficienti margini di tempo gli interventi di messa in sicurezza necessari e/o prioritari.

Le condizioni di tenuta in sicurezza degli intonaci dei soffitti e degli elementi intradossali dei solai, dipende da molteplici fattori raggruppabili nelle seguenti macrocategorie:

- 1) *Materiali/Componenti solai.*
  - a. Errata geometria dei materiali di alleggerimento (presenza setti sfalsati, ecc.)
  - b. Qualità scadente dei materiali di alleggerimento all’origine (mancanza, in passato, di processi produttivi controllati/qualità di prodotto);
  - c. Invecchiamento e riduzione delle prestazioni dei materiali (calcestruzzo, acciaio, ecc.);
  - d. Perdita delle prestazioni di aderenza delle finiture ad intonaco;
  - e. Errata appensione di carichi puntuali su componenti fragili e non strutturali (i laterizi);
- 2) *Difetti strutturali.*
  - a. difetti di progettazione (solai snelli, trasferimento non idoneo di azioni e coazioni alle componenti del solaio, ecc.);
  - b. errori in fase di esecuzione degli impalcati (errata realizzazione di dettagli costruttivi, ecc.);
- 3) *Difetti strutturali connessi alla vita dell’edificio.*
  - a. difetti di impiego (cambio di destinazione d’uso, aumento dei carichi agenti, ecc.);
  - b. manomissioni e trasformazioni strutturali e non strutturali avvenute durante la vita dell’edificio;
  - c. eventi esterni governabili e non (sisma, incendi, infiltrazioni, vibrazioni, variazioni termiche ambientali, ecc.);
  - d. vetustà dell’edificio o invecchiamento degli elementi strutturali e non strutturali.

In base ai risultati delle indagini condotte ed agli studi effettuati sulle problematiche legate ai fenomeni di sfondellamento o in generale dei crolli spontanei di soffitti, controsoffitti ed elementi appesi, è inevitabile confermare che il fenomeno di degrado dei soffitti (“sfondellamento”) ha carattere peggiorativo con il passare degli anni.

Sebbene il mercato offra diverse “*soluzioni tecniche*” per il ripristino dei solai, le amministrazioni/enti locali (gestori edifici pubblici e privati) devono necessariamente indirizzarsi su di una soluzione in grado di rispondere *sia alla natura del degrado*, garantendo i più alti standard di qualità e sicurezza, *sia alle esigenze più funzionali* degli utilizzatori degli edifici (attività scolastiche, finestre temporali utili per gli interventi ridotte nell’arco dell’anno, ecc.).

Dopo anni di esperienze diverse vissute da moltissime realtà locali per interventi già eseguiti con risultati egregi, si è consolidata l’adozione di **un intervento di messa in sicurezza a secco**, che comporta costi

ragionevoli, comparabili a quelli di un intervento di messa in sicurezza tradizionale che preveda la demolizione ed il ripristino, e garantisce non solo una totale protezione, ma anche un significativo miglioramento dell'ambiente sia sotto l'aspetto estetico che funzionale.

La soluzione “a secco” qui di seguito proposta soddisfa, inoltre, i seguenti requisiti non trascurabili:

- a. *Portata certificata e assicurata*, idonea a garantire elevati coefficienti di sicurezza (nei confronti del rischio-peso materiale potenzialmente suscettibile di crollo al suolo);
- b. *Certificazione prestazioni meccaniche* del prodotto e dell'installazione in opera;
- c. *Certificazione nei confronti di impatti/urti*, particolarmente richiesta in ambienti destinati a spazio-gioco e palestre;
- d. *Certificazione di prestazione passiva al fuoco*, per ambienti che richiedono classi minime di resistenza al fuoco (Certificati Prevenzione Incendi, ecc.)
- e. *Garanzia* presente e futura, mediante Polizza RC prodotto e Polizza postuma decennale;
- f. *Intervento non distruttivo*;
- g. *Versatilità di impiego*, idoneità per differenti tipologie costruttive (travetti in c.a., travetti in acciaio, travetti in legno, ecc.)
- h. *Nessuna necessità di sostituzione/eliminazione impianti*, corpi illuminanti, controsoffitti esistenti;
- i. *Elevata rapidità* di intervento;
- j. *Ridotte interferenze* e nessun disagio agli utenti ed alle attività svolte;
- k. *Eliminazione imprevisti*, legati ad una tipologia di intervento di tipo tradizionale e non sottoposto a validazione progettuale;
- l. *Riduzione dei costi di intervento*, in comparazione alla tipologia di intervento di tipo “tradizionale”

Altri interventi che rientrano nelle tipologie “tradizionali”, quali ad esempio la demolizione e asportazione delle parti ammalorate e/o rifacimento con reti portaintonaco e successiva intonacatura, sono al contrario particolarmente invasivi, costosi, non certificati e di difficile realizzazione, a meno di interventi molto localizzati e rischiano di estendere eccessivamente le computazioni di intervento ipotizzate, nonché gli impegni finanziari.

### 3. DEFINIZIONE DELL'INTERVENTO DI MESSA IN SICUREZZA STRUTTURALE E NON STRUTTURALE DEI SOLAI

La manutenzione ordinaria e straordinaria dei solai è una questione di sicurezza: il degrado strutturale o non strutturale del solaio, può generare situazioni di rischio e pericolo, crolli e cedimenti totali o parziali. Per garantire la salvaguardia della vita, quindi, è indispensabile intervenire con azioni specifiche di messa in sicurezza.

Pignatte travetti e soletta sono i tre elementi principali di un solaio. Completano gli elementi di finitura: intonaco all'intradosso e pavimentazione all'estradosso. All'interno di questo sistema costruttivo è evidente una distinzione tra le componenti strutturali ovvero i travetti e quelle non strutturali vale a dire alleggerimenti (pignatte) ed intonaci.

Le indagini diagnostiche hanno consentito di portare alla luce eventuali problematiche strutturali e/o non strutturali, valutando il pericolo, la diffusione e l'eventuale messa in sicurezza e relative tempistiche sulle priorità degli interventi.

Lo "sfondellamento", nella maggior parte dei casi, non è un fenomeno "strettamente" strutturale, in quanto non compromette la stabilità dell'impalcato. Con questo termine, infatti, si intende il distacco e la successiva caduta dalla parte inferiore dei blocchi di alleggerimento e dell'intonaco a civile di finitura dei soffitti. Un fenomeno tipico dei solai in laterocemento, in cui le pignatte vengono sollecitate al punto di rompersi nella parte inferiore e distaccarsi dal resto del solaio. Oggi però questo termine comprende anche altri fenomeni, tra cui distacchi di intonaco, strutture continue in arelle (incannicciati o camorcanna) o di rete intonacata, ovvero il distacco di tutte le componenti non strutturali che compongono lo strato di finitura dell'intradosso del solaio.

In alcuni casi, tuttavia, il degrado delle porzioni intradossali è la diretta conseguenza di una carenza strutturale: quando, cioè, il solaio non è in grado di garantire i requisiti di stabilità e sicurezza previsti in fase di progetto e per la destinazione d'uso dell'immobile, o comunque in relazione agli standard previsti dalle normative tecniche vigenti (NTC'18). Quando il solaio è snello, quando perde rigidità e capacità portante, quando si discosta dai requisiti richiesti dalla normativa, è necessario intervenire con sistemi di rinforzo che sopperiscano non solo al potenziale fenomeno di sfondellamento, ma forniscano un recupero delle prestazioni meccaniche e strutturali.

Per ovviare a questa duplice problematica si propone un sistema di intervento "a secco", meglio descritto nel seguito: Sistema "Controsolaio" Antisfondellamento, installato all'intradosso dei solai a contrasto di fenomeni di sfondellamenti o di distacco dello strato di intonaco e di rinforzo strutturale del solaio.

Prima di concludere, pare doveroso segnalare che **non tutti i solai e/o orizzontamenti si prestano ad una installazione usuale dei sistemi di contenimento del fenomeno dello sfondellamento a secco**. Infatti, questi sistemi, hanno la peculiarità di ancorarsi alle nervature portanti dei solai (i travetti), che devono pertanto garantire una sezione e resistenza tale da non inficiare la tenuta e la portata del pacchetto "antisfondellamento" nel suo complesso. Laddove i travetti non garantiscano le necessarie prestazioni, sopra citate (*dimensione trasversale di travetti in c.a. inferiore a 5 cm, travetti in laterizi armati, ecc.*), è necessario porre sotto un adeguato procedimento progettuale la variante di applicazione in relazione alla tipologia di solaio da sanare. Le tecniche più diffuse fanno riferimento ad un ancoraggio passante l'intera sezione del solaio (che però, spesso, impatta economicamente sulla necessità di accedere all'estradosso del solaio, e con le conseguenti opere di rimozione e demolizione dei pavimenti o massetti) o ancora la **realizzazione di strutture resistenti ex-novo** (introduzione putrelle in acciaio o altro, ecc.) indipendenti dai solai e/o orizzontamenti che siano in grado fornire quella resistenza e capacità applicative necessaria al sistema di messa in sicurezza a secco. In quest'ultimo caso, la necessità progettuale, è rivolta oltreché alla valutazione delle resistenze e capacità applicative sopra citate, alla corretta valutazione del "disturbo" indotto da questi nuovi elementi strutturali all'organismo strutturale esistente dell'edificio.

A seguire viene sottoposta oltre alla tecnica di intervento a secco sopra citata, anche la metodologia di intervento di “**tipo tradizionale**” mediante rimozione e rifacimento delle parti intradossali instabili, con una indicazione economica forfettaria, ricordando che questa modalità di intervento difficilmente si confà ad interventi estesi, data la mancanza di una vera e propria certificazione e tutela assicurativa dell'intervento. Spesso, alcune tipologie di solai, come le **volte in muratura**, fanno preferire, nonostante le limitazioni sopra citate, queste metodologie di intervento anche alla luce della possibilità di agire mediante interventi piuttosto circoscritti.

## 4. TECNICHE DI INTERVENTO A CONTENIMENTO DI FENOMENI DI SFONDELLAMENTO E/O DISTACCO DI INTONACO

A seguire, sottoponiamo le soluzioni e/o tecniche di intervento sopra citate (in questo documento, non viene presa in considerazione la possibilità di intervento con reti in fibre di vetro, che si pongono ad un livello intermedio tra la soluzione a secco proposta e la soluzione con trattamento tradizionale):

### 1) SISTEMA “CONTROSOLAIO” ANTISFONDELLAMENTO “A SECCO”

Il Sistema “Controsolaio” Antisfondellamento è uno speciale sistema “a secco”, composto da elementi studiati, progettati e connessi per il rinforzo e il miglioramento strutturale (flessionale) dei solai, oltrechè funzionale nel disinnescare ogni tipo di crollo non strutturale del solaio. Il sistema non richiede nessuna demolizione né all’estradosso del solaio né all’intradosso del solaio (non sono pertanto necessari interventi di rimozione delle finiture e impianti quali massetti, tubazioni e pavimenti), e può essere classificato “di impatto zero” in termini di aumento di peso della struttura. Il sistema di rinforzo a placcaggio esterno ha un effetto positivo anche in termini di miglioramento sismico dell’edificio, rendendo il solaio più resistente alle azioni orizzontali derivanti dalle azioni sismiche, riducendo i meccanismi di collasso di piano.

Il sistema prevede di rivestire le superfici intradossali dei solai da mettere in sicurezza e oggetto di rinforzo strutturale mediante lastre in gesso fibrorinforzato, fissate mediante viti autofilettanti in acciaio temperato ad una ossatura metallica di supporto da ancorare efficacemente alla struttura del solaio (spessore complessivo pacchetto pari a 5 cm circa). L’ossatura metallica strutturale di supporto è realizzata da una serie di profili in acciaio zincato sagomati ad “Omega”, da disporsi ortogonalmente alla direzione di orditura del solaio e da ancorarsi ai travetti di qualsiasi tipologia (C.A., Acciaio, Legno, ecc.), mediante viti in acciaio in Classe 8.8 e tasselli ad espansione in ottone. Lungo le pareti perimetrali si prevede l’installazione di guide perimetrali sagomate ad “U”, per la perfetta aderenza e tenuta.

In relazione alla tipologia costruttiva del solaio, della valutazione del Rischio (peso di materiale suscettibile di crollo, intonaco e/o fondelli delle pignatte) e della sua snellezza o perdita di prestazione strutturale, deve essere progettata ad hoc la conformazione dell’ossatura metallica primaria, in particolare in relazione al passo dei montanti sagomati a “Omega” ed alla distanza dei connettori alla struttura del solaio per ogni profilo, in modo da ottenere una portata minima garantita che assicuri un coefficiente di sicurezza di almeno 2 rispetto al rischio.

A seguito dell’installazione dell’ossatura portante metallica all’intradosso del solaio, devono essere effettuate, nelle fasi di cantiere, una serie di prove a trazione sugli ancoraggi della controsoffittatura con carico di prova almeno pari a 60 Kg, al fine di ottenere la certificazione dell’installazione in opera.

La soluzione di messa in sicurezza, attraverso il Sistema “Controsolaio” Antisfondellamento deve essere certificata da Laboratori Prove Materiali abilitati dal Ministero Infrastrutture e Trasporti (Laboratori Ufficiali ai sensi della L.1086/71), in relazione a:

- i) Incremento della rigidezza flessionale del solaio;
- ii) Capacità portante del Sistema di Controsoffittatura “Antisfondellamento” minima di 160 Kg/mq;

Inoltre, in relazione alle prestazioni richieste, è possibile richiedere anche le seguenti certificazioni:

- iii) Resistenza all’impatto ai sensi della norma EN 13964:2014 Annex D;
- iv) Certificazione REI 60 o REI120 per solai e coperture ai sensi della UNI EN 1365-2:2014.

La soluzione di messa in sicurezza, attraverso installazione del Sistema “Controsolaio” Antisfondellamento deve essere, inoltre, certificata da un professionista abilitato ai collaudi statici, in relazione a:

- i) Regolare esecuzione;
- ii) Garanzia di tenuta del sistema installato.

La soluzione di messa in sicurezza, attraverso installazione del Sistema “Controsolaio” Antisfondellamento deve essere, inoltre, garantita mediante produzione di:

- i) Assicurazione RC prodotto;
- ii) Polizza postuma decennale.

e qualsivoglia altra certificazione che si renda necessaria in ottemperanza alla normativa vigente e di riferimento per interventi di messa in sicurezza degli edifici pubblici e/o privati.

IMPORTO INDICATIVO 100 €/MQ (IVA esclusa)

L'importo unitario esposto, relativo all'installazione “standard” del sistema è comprensivo delle opere accessorie, come smontaggio e rimontaggio corpi illuminanti, tinteggiature, movimentazione degli arredi, ecc. mentre sono esclusi i costi relativi alla sicurezza (piani di lavoro e/o ponteggi), sono invece inclusi i trabattelli.

E' esclusa dalla quotazione sopra esposta la progettazione e realizzazione di eventuali interventi di tipo “strutturale” ex novo, indipendenti dal solaio, in grado di fornire quella resistenza e capacità applicative necessarie al sistema di messa in sicurezza a secco (es.: *dimensione trasversale di travetti in c.a. inferiore a 5 cm, travetti in laterizi armati, ecc.*) come ad esempio l'introduzione di nervature metalliche (putrelle in acciaio) da ancorare alla struttura portante verticale esistente.

IMPORTO INDICATIVO 150÷160 €/MQ (IVA esclusa)

O ancora, è esclusa la progettazione e realizzazione di quelle opere necessarie al ripristino delle prestazioni meccaniche strutturali dei solai, nonché per l'incremento delle prestazioni oltre i limiti previsti dalla certificazione del sistema Controsolaio strutturale “Antisfondellamento”. Data la variabilità delle tecniche e modalità di intervento si rimanda direttamente alla fase progettuale per la definizione economica necessaria.

## 2) INTERVENTO DI TIPO “TRADIZIONALE”, MEDIANTE DEMOLIZIONI, RIMOZIONI, DISFACIMENTI E RIPRISTINI INTRADOSSALI

Relativamente alla necessità di interventi su superfici ridotte (interventi puntuali su superfici circoscritte pari a 1÷2 mq) o ancora su tipologie costruttive voltate (es. *volte in muratura di mattoni pieni o forati*) è possibile condurre un intervento di tipo “tradizionale” mediante asportazione e ripristino delle parti ammalorate. Anche in questo caso sono escluse, e da valutare separatamente, eventuali opere di rinforzo e consolidamento strutturale delle apparecchiature murarie.

In generale le opere sopra citate si riferiscono a:

### SCROSTAMENTO INTONACI E ASPORTAZIONE PARTI DI LATERIZIO

Nell'operazione di scrostamento di intonaco interno od esterno, sia rustico che civile, è compresa l'umidificazione, la scrostatura fino al vivo della struttura muraria, la spazzolatura finale, il lavaggio e la pulizia della superficie scrostata, la movimentazione delle macerie nell'ambito del cantiere, il carico e trasporto agli impianti di stoccaggio, di recupero o a discarica. Sono esclusi gli oneri di smaltimento. Nel caso di intonaco in buono stato viene effettuata la piccozzatura al fine di rendere la superficie scabra ed idonea a ricevere i successivi rivestimenti. Nonché, se necessario, si prevede la demolizione ed asportazione di parti di laterizi instabili dei blocchi di alleggerimento per solai, ed opere di riempimento con prodotti schiumogeni espandenti.

### ARMATURE RIPRESE DI INTONACO

Esecuzione per una migliore adesione dell'intonaco di nuova realizzazione di armatura delle riprese di intonaco con rete metallica di filo di ferro di peso non inferiore a 0,750 Kg/mq, compresi tagli, adattamenti, sfridi e fissaggi.

### RIPRISTINO SUPERFICI INTONACI

Gli interventi di ripresa di superfici di intonaco ammalorate o interessate ad interventi di parziale rifacimento o ripristino, devono essere impostati con molta attenzione tecnica, in modo di garantire alla fine delle lavorazioni superfici uniformi assimilabili a quelle nuove, per la cui finitura dovranno essere previsti ulteriori interventi solo di opere da verniciatore e non ulteriori rasature e stuccature. In particolare, le finiture di rappezzi a civile potranno di norma essere applicate solo su superfici a civile nuove, mai interessate da tinteggiature o verniciature o altri interventi di finitura che ne hanno modificato la struttura. Su superfici già interessate da tinteggiature, spesso ripetute, sarà opportuno di norma applicare finiture a stucco o rasature di tipo liscio, in grado di ottenere più facilmente una superficie uniforme che dopo la tinteggiatura si presenterà come nuova, pertanto si procederà in generale a:

- irruvidimento di supporti lisci o poco assorbenti con primer aggrappante a base di resine ed inerti silicei, applicato a pennello o rullo per promuovere l'adesione di intonaci;
- consolidamento di supporti deboli, inconsistenti, sfarinanti, assorbenti, con primer a base di resina poliuretana in soluzione, applicato a pennello o rullo;
- ripresa saltuaria dell'intonaco diffusamente ammalorato su soffitti interni. Compresa l'ispezione dell'intera superficie, lo scrostamento dell'intonaco deteriorato fino al vivo della muratura e la scarnitura dei giunti, l'abbassamento, il carico e trasporto delle macerie agli impianti di stoccaggio, di recupero o a discarica, la pulizia ed il lavaggio delle superfici da ripristinare, l'intonaco di sottofondo e di finitura al civile, i piani di lavoro, il maggior onere di mano d'opera conseguente agli apprestamenti, alle preparazioni, agli spostamenti.

IMPORTO INDICATIVO 120 €/MQ (IVA esclusa)

L'importo unitario esposto, relativo ad intervento di tipo “tradizionale” è comprensivo delle opere accessorie, come smontaggio e rimontaggio corpi illuminanti, tinteggiature, movimentazione degli arredi, ecc. mentre sono esclusi i costi relativi alla sicurezza (piani di lavoro e/o ponteggi), sono invece inclusi i trabattelli.

**3) INTERVENTO DI RIMOZIONE DI CONTROSOFFITTI PESANTI E RELATIVA MESSA IN SICUREZZA**

In relazione alla individuazione di sistemi di controsoffittatura classificabili come “pesanti” (es. intradossi in “Perret”, intradossi in legno mineralizzato intonacati, controsoffitti continui in gesso, ecc.), indipendentemente dalla tipologia di sospensione, si suggerisce un intervento di completa demolizione e/o rimozione e successiva messa in sicurezza del plafone sovrastante.

Si ricorda infatti che l’Intesa Istituzionale raggiunta nella Conferenza Unificata del 28 gennaio 2009, e pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n. 33 del 10 febbraio 2009, relativa agli indirizzi per prevenire e fronteggiare le eventuali situazioni di rischio connesse alla vulnerabilità di elementi anche non strutturali negli edifici scolastici, considera la presenza di “controsoffitti pesanti” altamente vulnerabile e quindi potenzialmente rischiosa per l’utenza.

**IMPORTO INDICATIVO    160 €/MQ (IVA esclusa)**

L’importo unitario esposto, relativo all’intervento di demolizione e/o rimozione di “controsoffitti pesanti” e successiva messa in sicurezza dei plafoni è comprensivo delle opere accessorie, come smontaggio e rimontaggio corpi illuminanti, movimentazione degli arredi, ecc. mentre sono esclusi i costi relativi alla sicurezza (piani di lavoro e/o ponteggi), sono invece inclusi i trabattelli.

## 5. STUDIO DI VALUTAZIONE TECNICO-ECONOMICA DEL RISCHIO SFONDELLAMENTO E MESSA IN SICUREZZA

Sulla scorta dello studio di valutazione dello stato di salute dei solai di cui alla relazione tecnica denominata “Libretto Sanitario sullo sfondellamento dei solai”, appare prioritaria la messa in sicurezza degli ambienti che hanno evidenziato uno stato di conservazione classificabile “pericoloso” e “pessimo” secondo la scala di degrado proposta.

Nonostante il fenomeno possa essere circoscritto inizialmente a singole porzioni di locale, è stato previsto nel presente studio l'intervento sull'intero ambiente.

Sulla base del progetto di interventi di messa in sicurezza dei solai di edifici pubblici e privati (scolastici e non) è possibile stimare:

### 1) INTERVENTO TIPO 1:

#### Sistema “CONTROSOLAIO” Antisfondellamento “a secco”

Un importo forfettario unitario di 100 €/mq + IVA, che prevede la realizzazione di Controsolaio Strutturale Antisfondellamento “a secco”, nella modalità di installazione standard (comprendente le opere accessorie, come smontaggio e rimontaggio corpi illuminanti, tinteggiature, movimentazione degli arredi, ecc. mentre sono esclusi i costi relativi alla sicurezza (piani di lavoro e/o ponteggi), sono invece inclusi i trabattelli).

**Intervento Tipo I.A:** Nella tabella finale, strumento utile per la definizione del quadro economico della proposta di messa in sicurezza, si distinguono **interventi con carattere di urgenza**, che interessano le superfici di solaio localizzabili nelle planimetrie allegate mediante **retinatura “piena” di colore rosso**, ed **interventi cautelativamente consigliabili, a carattere anche differibile nel tempo** che interessano superfici di solaio caratterizzate da un degrado diffuso prevalentemente legato allo stato conservativo dell'intonaco, ma che non ha ancora raggiunto una condizione pessima e/o pericolosa rispetto alla scala di valori proposta, e localizzabili nelle planimetrie allegate mediante **retinatura “piena” di colore blu**.

**Intervento Tipo I.B:** Relativamente a quelle tipologie di solaio per le quali **non è certa** la possibilità di installazione “standard” del sistema (*dimensione trasversale di travetti in c.a. inferiore a 5 cm, travetti in laterizi armati, ecc.*), **dovrà essere condotta in opera da ditta specializzata** l'esecuzione di prove di tenuta di tasselli meccanici inseriti nei travetti del solaio, al fine di valutare la fattibilità dell'intervento in condizione “standard” o, al contrario di procedere al progetto di una modalità di intervento differente.

Relativamente a questo secondo caso, nella tabella finale, strumento utile per la definizione del quadro economico della proposta di messa in sicurezza, si distinguono **interventi con carattere di urgenza**, che interessano le superfici di solaio localizzabili nelle planimetrie allegate mediante **retinatura “piena” di colore violetto**, ed **interventi cautelativamente consigliabili, a carattere anche differibile nel tempo** che interessano superfici di solaio caratterizzate da un degrado diffuso prevalentemente legato allo stato conservativo dell'intonaco, ma che non ha ancora raggiunto una condizione pessima e/o pericolosa rispetto alla scala di valori proposta, e localizzabili nelle planimetrie allegate mediante **retinatura “a quadretti” di colore violetto**.

### 2) INTERVENTO TIPO 2:

#### INTERVENTO TRADIZIONALE (demolizioni, rifacimenti e ripristini intradossali, ecc)

Un importo forfettario unitario di 120 €/mq + IVA, che prevede l'esecuzione di scarificazioni di intonaco e/o asportazioni parti di laterizio, e ripristino superfici intradossali intonacate, (comprendente le opere accessorie, come smontaggio e rimontaggio corpi illuminanti, tinteggiature, movimentazione degli arredi, ecc. mentre sono esclusi i costi relativi alla sicurezza (piani di lavoro e/o ponteggi), sono invece inclusi i trabattelli).

Nella tabella finale, strumento utile per la definizione del quadro economico della proposta di messa in sicurezza, si distinguono **interventi con carattere di urgenza**, che interessano superfici di solaio localizzabili nelle planimetrie allegate mediante retinatura “a tratti obliqui” di colore rosso, ed **interventi cautelativamente consigliabili, a carattere anche differibile nel tempo** che interessano superfici di solaio caratterizzate da un degrado diffuso prevalentemente legato allo stato conservativo dell’intonaco, ma che non ha ancora raggiunto una condizione pessima e/o pericolosa rispetto alla scala di valori proposta, e localizzabili nelle planimetrie allegate mediante retinatura “a tratti obliqui” di colore blu.

3) INTERVENTO TIPO 3:

INTERVENTO DI DEMOLIZIONE E/O RIMOZIONE DI CONTROSOFFITTI PESANTI

Un importo forfettario unitario di 160 €/mq + IVA, che prevede la completa demolizione di controsoffitti “pesanti” e smaltimento dei materiali di risulta nonché la successiva messa in sicurezza dei plafoni sovrastanti, (comprendente le opere accessorie, come smontaggio e rimontaggio corpi illuminanti, movimentazione degli arredi, ecc. mentre sono esclusi i costi relativi alla sicurezza (piani di lavoro e/o ponteggi), sono invece inclusi i trabattelli).

Nella tabella finale, strumento utile per la definizione del quadro economico della proposta di messa in sicurezza, si riportano le superfici interessate da **interventi di demolizione e/o rimozione di “controsoffitti pesanti”**, localizzabili nelle planimetrie allegate mediante retinatura “a tratti incrociati” di colore arancio.

Di seguito la tabella riepilogativa degli interventi distinti per tipologia:

	SUPERFICIE INTERVENTO (MQ)	IMPORTO UNITARIO (€/MQ)	IMPORTO COMPLESSIVO (€)
<b>INTERVENTO TIPO 1.A</b>			
Urgente	0	100	0,00
Differibile	0	100	0,00
<b>INTERVENTO TIPO 1.B</b>			
Urgente	135	100	13.500,00
Differibile	0	100	0,00
<b>INTERVENTO TIPO 2</b>			
Urgente	0	120	0,00
Differibile	0	120	0,00
<b>INTERVENTO TIPO 3</b>	237	160	37.920,00
		<b>TOTALE</b>	<b>51.420,00</b>

Nota:

- Intervento Tipo 1.A: Sistema "CONTROSOLAIO" Antisfondellamento "a secco"
- Intervento Tipo 1.B: Sistema "CONTROSOLAIO" Antisfondellamento "a secco" previa verifica idoneità ancoraggi in opera
- Intervento Tipo 2: Intervento "TRADIZIONALE" (demolizioni, rifacimenti e ripristini intradossali, ecc.)
- Intervento Tipo 3: Intervento di demolizione/rimozione "CONTROSOFFITTI PESANTI"

Da tener presente che nel caso, di scelta di:

- 4) intervento di tipo "tradizionale" (Intervento Tipo 2) la quantificazione economica potrebbe dover essere incrementata di un 20÷25%;
- 5) interventi di rinforzo strutturale ex novo, in particolare nel caso di introduzione di putrelle metalliche, si può valutare forfettariamente un incremento unitario di 150÷160 €/MQ (IVA esclusa)

Il presente documento, non esula, dalla attenta lettura e comprensione della relazione tecnica sullo stato di salute dei solai denominata "Libretto Sanitario sullo sfondellamento dei solai", con particolare riguardo a precisazioni in merito alle vulnerabilità riscontrate per solai, controsoffitti ed elementi appesi, che potrebbero rendere necessarie lavorazioni anche diverse ed aggiuntive rispetto a quelle qui proposte.

Si allega alla presente *Relazione Illustrativa degli interventi di messa in sicurezza dei solai*, l'elaborato grafico "Localizzazione Interventi".

Gragnano Trebbiense (PC), 17/06/2021

Dott. Ing. Marco Gallotta

Tecnoindagini S.r.l.

TECNOINDAGINI SRL  
Via Monte Sabotino n° 14  
20095 Cusano M. (MI)  
P. IVA 06383520969



## ALLEGATO

### ELABORATI GRAFICI “LOCALIZZAZIONE INTERVENTI”

## 1. PLANIMETRIE

### 1.1. LOCALIZZAZIONE INTERVENTI - MESSA IN SICUREZZA SOLAI - PIANO PRIMO

#### LEGENDA - INTERVENTO TIPO 1.A

-  INTERVENTI "CONTROSOGLIO" A SECCO - URGENTI
-  INTERVENTI "CONTROSOGLIO" A SECCO - DIFFERIBILI

#### LEGENDA - INTERVENTO TIPO 1.B - previa verifica ancoraggi

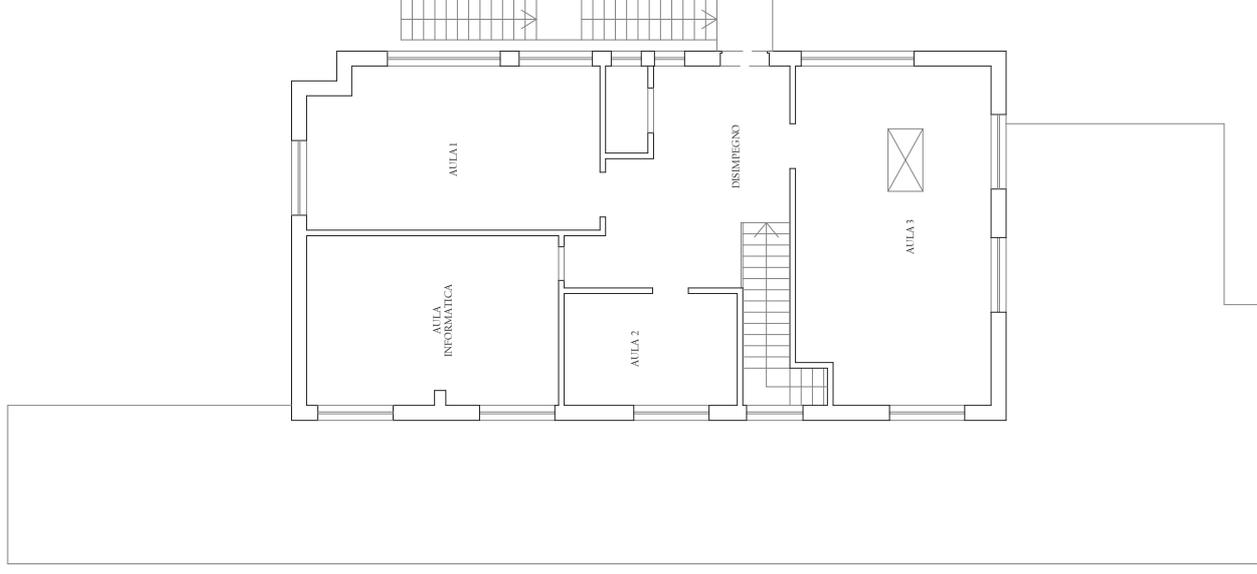
-  INTERVENTI "CONTROSOGLIO" A SECCO - URGENTI
-  INTERVENTI "CONTROSOGLIO" A SECCO - DIFFERIBILI

#### LEGENDA - INTERVENTO TIPO 2

-  INTERVENTI "TRADIZIONALE" - URGENTI
-  INTERVENTI "TRADIZIONALE" - DIFFERIBILI

#### LEGENDA - INTERVENTO TIPO 3

-  RIMOZIONE CONTROSOGLIO PESANTE  
E MESSA IN SICUREZZA



## 1.2. LOCALIZZAZIONE INTERVENTI - MESSA IN SICUREZZA SOLAI - PIANO TERRA

### LEGENDA - INTERVENTO TIPO I.A

-  INTERVENTI 'CONTROSOLAIO' A SECCO - URGENTI
-  INTERVENTI 'CONTROSOLAIO' A SECCO - DIFFERIBILI
-  CARTONGESSO PREESISTENTE

### LEGENDA - INTERVENTO TIPO I.B - previa verifica ancoraggi

-  INTERVENTI 'CONTROSOLAIO' A SECCO - URGENTI
-  INTERVENTI 'CONTROSOLAIO' A SECCO - DIFFERIBILI

### LEGENDA - INTERVENTO TIPO 2

-  INTERVENTI 'TRADIZIONALE' - URGENTI
-  INTERVENTI 'TRADIZIONALE' - DIFFERIBILI

### LEGENDA - INTERVENTO TIPO 3

-  RIMOZIONE CONTROSOFFITTO PESANTE E MESSA IN SICUREZZA

